

ЗАХІДНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО УТГК



МАТЕРІАЛИ

25-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «ГЕОФОРУМ-2020»

1–3 квітня 2020р.,
Львів–Яворів–Брюховичі, Україна

ГЕНЕРАЛЬНИЙ СПОНСОР:

група компаній
КАЙЛАС

за підтримки

ABRIS DG

EPS

Leica
Geosystems

CD
CREDO-DIALOGUE

tnt tpi

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2020

УДК 528; 361; 332; 631
Г 35

Г 35 Матеріали 25-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Геофорум-2020», присвяченої професійному свята працівників геології, геодезії і картографії України, 1–3 квітня 2020 р., Львів–Брюховичі–Яворів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – Режим доступу: <http://zgt.com.ua/мнтк-геофорум-3-2-2-2-2/>, вільний. – Заголовок з екрана. – Мова укр. і англ.
ISBN 978-966-941-457-1

У збірнику розміщено матеріали ювілейної Міжнародної науково-технічної конференції **«ГЕОФОРУМ-2020»** (Львів–Брюховичі–Яворів, 1–3 квітня, 2020 року).

Наведено результати досліджень з геодезії, геодинаміки, фотограмметрії, картографії, ГІС, інженерної геодезії, геодезичного моніторингу у будівництві, кадастру, землеустрою, оцінки нерухомості, військових геодезичних та GIS-технологій.

Збірник матеріалів конференції розрахований на науковців, виробників геодезичної галузі, аспірантів і студентів старших курсів університетів.

УДК 528; 361; 332; 631

Матеріали публікуються в авторській редакції

УДК 528.721

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ КУТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗОВНІШНЬОГО ОРІЄНТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ОТРИМАНИХ З БПЛА З ЗАСТОСУВАННЯМ ПОХІДНИХ НЕЯВНО ЗАДАНИХ ФУНКЦІЙ

Глотов¹В., Фис²М.

¹Кафедра фотограмметрії та геоінформатики
Національний університет «Львівська політехніка», вул.
С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, ел. пошта
Volodymyr.m.hlotov@lpnu.ua.

² Кафедра картографії та геопросторового
моделювання Національний університет «Львівська
політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, ел. пошта
Mykhaiko.Fys@lpnu.ua.

Мета. Розробити алгоритм для визначення апіорної оцінки точності кутових елементів зовнішнього орієнтування цифрових зображень отриманих з БПЛА. **Методика.** Формули для оцінки точності елементів зовнішнього орієнтування визначаються за допомогою похідних функцій багатьох змінних, які є розв'язками систем лінійних рівнянь. Ці системи одержуються безпосереднім диференціюванням рівнянь зв'язку параметрів та вхідних даних. **Результати.** Отримані робочі формули які дають можливість визначення апіорної оцінки точності кутових елементів з застосуванням похідних неявно заданих функцій та проведена апробація запропонованого алгоритму на контрольному прикладі, результати якого підтвердили вірність викладок. **Наукова новизна.** Зроблено вивід формул які дають можливість виконати апіорну оцінку точності елементів зовнішнього орієнтування цифрових зображень виключаючи похибки що виникають у класичному методі оцінки точності при застосування оберненої фотограмметричної засічки для поодинокого знімка. **Практична значущість.** Обчислення апіорної оцінки точності запропонованим способом дасть можливість більш точно визначати координати точок на місцевості.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат; цифрова знімальна камера, частинні похідні, обернена матриця.

Вступ

Можливістю застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в якості нового засобу отримання фотограмметричної інформації є недоліки двох традиційних способів отримання даних: за допомогою космічних супутників і повітряних пілотованих апаратів, а саме, можливість знімання з невеликих висот і безпосередньо в районі об'єктів, отримання знімків високої роздільної здатності, застосування в зонах надзвичайних ситуацій

без ризику для життя і здоров'я пілотів, рентабельність [Глотов В., 2016].

Необхідно зазначити, що технологія аерознімання з БПЛА на сьогоднішній день в основному відпрацьована, однак є ще достатньо проблем, вирішенню яких потрібно приділити увагу [Галецький В., 2012; Глотов В., 2010, 2013, 2014].

Однією з проблем застосування БПЛА для високоточного картографування є не можливість в становлення на цих апаратах точної системи стабілізації і визначення кутових елементів зовнішнього орієнтування знімків (INS). В той же час питання стосовно визначення лінійних елементів фактично розв'язано оскільки вже декілька років поспіль застосовується на БПЛА двох частотні GPS приймачі точність визначення координат центрів проєкцій яких сягає вже не більше декількох сантиметрів. З іншого боку виконується прецизійне калібрування камер, що забезпечує відповідну точність визначення елементів внутрішнього орієнтування. Отже, підсумовуючи вищевикладене необхідно акцентувати увагу на те, що виникає нагальна проблема про дослідження власне кутових значень елементів зовнішнього орієнтування, а відтак і про апіорну оцінку точності цих елементів.

Дана постановка задачі відмінна від класичної методики. У визначенні геодезичних координат точок об'єкту місцевості акцентується питання їх дефініції, яке вирішується з допомогою ітераційного процесу [Дорожинський, 2008]. Значення координат знаходяться з точністю обчислень, яка не може гарантувати необхідну точність визначення вищевказаних координат. Адже ця точність визначається точністю вимірювання, яка не бере участі в обчисленнях. Тоді ці похибки можна вносити в числові значення відповідних спостережень та отримувати нові координати. На основі цього в подальшому можна зробити висновок про можливу точність обчислень. Але такий підхід є чисто практичним і не дає можливості встановити апіорну оцінку точності. Тому нижче запропоновано спосіб розроблений авторами вирішення такої задачі.

Використання БПЛА для цілей аерофотозйомки дає ряд переваг при оперативній обробці інформації та доступності її отримання. Разом з тим встановити апаратним способом параметрів результатів зйомки не представляється можливим, так як існують обмеження на завантаження БПЛА. Тому єдиним способом визначення елементів залишається традиційне для аерофотозйомки урівнювання функції нев'язки, побудованої як різниця вирахованих значень та даних спостережень, тобто розглядається функція (1):

$$G(l_1, \dots, l_9) = \sum_{i=1}^n \left(x_i - x_0 + f \frac{a_1(X-X_S) + a_2(Y-Y_S) + a_3(Z-Z_S)}{c_1(X-X_S) + c_2(Y-Y_S) + c_3(Z-Z_S)} \right)^2 + \left(y - y_0 + f \frac{b_1(Y-Y_S) + b_2(Y-Y_S) + b_3(Z-Z_S)}{c_1(X-X_S) + c_2(Y-Y_S) + c_3(Z-Z_S)} \right)^2 \quad (1)$$

Враховуючи залежність параметрів a_i, b_i, c_i від елементів зовнішнього орієнтування, можна записати:

$$G(\alpha, \omega, \kappa, X_S, Y_S, Z_S) \sum_{i=1}^n \left(x_i - x_0 + f \frac{a_1(X-X_S) + a_2(Y-Y_S) + a_3(Z-Z_S)}{c_1(X-X_S) + c_2(Y-Y_S) + c_3(Z-Z_S)} \right)^2 + \left(y - y_0 + f \frac{b_1(Y-Y_S) + b_2(Y-Y_S) + b_3(Z-Z_S)}{c_1(X-X_S) + c_2(Y-Y_S) + c_3(Z-Z_S)} \right)^2 \quad (2)$$

Тоді елементи визначаємо за умови мінімуму функції (2) за цими змінними $\alpha, \omega, \kappa, X_S, Y_S, Z_S$. Апарат визначення цієї елементів розроблений досконало. Тому немає потреби в розробці нових алгоритмів. Єдине, що необхідно – це перевірити степінь наближення функції (2), а також по можливості одержати уточнені значення параметрів з допомогою пакету MATKAD, наприклад, за допомогою програми Minimize.

Визначення елементів зовнішнього орієнтування не дає відповіді на оцінку точності їх визначення, оскільки в формулі (2) ніде не фігурують вирази цих похибок. Тому навіть визначені з великою точністю значення елементів орієнтування – це ще не повні їх значення. Кількість значущих цифр в основному залежить від точності отримання даних спостереження. Простіше кажучи, необхідна апіорна оцінка точності.

Для спрощення введемо позначення:

$$l = (l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6) = (\alpha, \omega, \kappa, X_S, Y_S, Z_S) \quad (r) \\ (g_1, g_2, \dots, g_r) = (X_1, Y_1, Z_1, x_1, y_1, z_1, X_n, Y_n, Z_n, x_n, y_n)$$

Якщо відомі функції для елементів орієнтування, аргументи яких дані спостережень тобто

$$l_i = f_i(g_1, \dots, g_t) \quad (a)$$

то апіорна оцінка точності визначається так

$$m_{l_i}^2 = \sum_{j=1}^t \left(\left(\frac{\partial f_i}{\partial g_j} \right)^2 m_{g_j}^2 \right) \quad (b)$$

Аналітично визначити зв'язок (а) між елементами зовнішнього орієнтування та параметрами даних неможливо. Тому прямо не можна записати формулу(и). Проте зауважимо, що в (и) входять не самі функції, а її похідні. Тому постає задача їх визначення на основі виразу (2). Виявляється, що теорія функцій багатьох змінних дозволяє це зробити

Приведемо алгоритм вирішення даної задачі. Насамперед, оскільки величини (г) визначаються з умови мінімуму функції(1), виконується необхідна умова мінімуму:

$$\frac{\partial G(l_1, \dots, l_6)}{\partial l_1} = 0 \\ \frac{\partial G(l_1, \dots, l_6)}{\partial l_6} = 0 \quad (3)$$

Систему рівнянь (3) диференціюємо по параметрах $g_s (s=1, \dots, r)$. g_s у В результаті одержуємо r лінійних систем рівнянь, невідомими яких є $\frac{\partial f_j}{\partial g_s}$

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 G(l_1, \dots, l_9)}{\partial g_s \partial l_1} = \sum_{j=1}^9 \frac{\partial^2 G}{\partial l_i \partial l_1} \frac{\partial f_j}{\partial g_s} + \frac{\partial^2 G}{\partial g_s \partial l_1} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial^2 G(l_1, \dots, l_9)}{\partial g_s \partial l_9} = \sum_{j=1}^9 \frac{\partial^2 G}{\partial l_i \partial l_9} \frac{\partial f_j}{\partial g_s} + \frac{\partial^2 G}{\partial g_s \partial l_9} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

В матричному вигляді останній вираз можна записати:

$$AX_s = b_s, \quad (5)$$

де

$$A = \left(\frac{\partial^2 G}{\partial l_i \partial l_j} \right), \\ i, j = 1, 2, \dots, 6, \\ X_s = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_j}{\partial g_s} \\ \dots \\ \frac{\partial f_6}{\partial g_s} \end{pmatrix}, \\ b_s = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 G}{\partial g_s \partial l_1} \\ \dots \\ \frac{\partial^2 G}{\partial g_s \partial l_9} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Розв'язки X і є необхідними елементами формули (8), по якій встановлюємо похибки визначення ексцентриситетів зовнішнього орієнтування.

Відмітимо одну особливість розв'язування систем (6). Так як матриця при невідомих є незмінною для всіх систем, змінюються лише стовбець вільних членів. Тому її найзручніше розв'язувати методом оберненої матриці.

$$X_s = A^{-1} b_s \quad (7)$$

В подальшому розв'язки (7) використовуємо для оцінки точності визначення координат на місцевості за фотограмметричними даними.

Координати на місцевості визначаємо за їх значеннями на знімку, причому для однозначності беремо як мінімум два таких

$$x_A = \frac{a_1^1(x_{A_1} - x_0^1) + a_2^1(y_{A_1} - y_0^1) - a_3^1 f_l}{c_1^1(x_{A_1} - x_0^1) + c_2^1(y_{A_1} - y_0^1) - c_3^1 f_l} \\ \bar{x}_A = \frac{a_1^2(x_{A_2} - x_0^2) + a_2^2(y_{A_2} - y_0^2) - a_3^2 f_l}{c_1^2(x_{A_2} - x_0^2) + c_2^2(y_{A_2} - y_0^2) - c_3^2 f_l} \quad (9) \\ y_A = \frac{b_1^1(x_{A_1} - x_0^1) + b_2^1(y_{A_1} - y_0^1) - b_3^1 f_l}{c_1^1(x_{A_1} - x_0^1) + c_2^1(y_{A_1} - y_0^1) - c_3^1 f_l}$$

Похибка визначення величин $x_A, y_A, \bar{x}_A$ в основному обумовлена неточністю визначення елементів зовнішнього орієнтування. Тому можна записати так:

$$m_{y_A} = \sqrt{\left(\frac{\partial x_A}{\partial \alpha}\right)^2 m_\alpha^2 + \left(\frac{\partial x_A}{\partial \omega}\right)^2 m_\omega^2 + \left(\frac{\partial x_A}{\partial \kappa}\right)^2 m_\kappa^2 + \left(\frac{\partial x_A}{\partial x_S}\right)^2 m_{x_S}^2 + \left(\frac{\partial x_A}{\partial y_S}\right)^2 m_{y_S}^2 + \left(\frac{\partial x_A}{\partial z_S}\right)^2 m_{z_S}^2};$$

$$m_{y_A} = \sqrt{\left(\frac{\partial y_A}{\partial \alpha}\right)^2 m_\alpha^2 + \left(\frac{\partial y_A}{\partial \omega}\right)^2 m_\omega^2 + \left(\frac{\partial y_A}{\partial \kappa}\right)^2 m_\kappa^2 + \left(\frac{\partial y_A}{\partial x_S}\right)^2 m_{x_S}^2 + \left(\frac{\partial y_A}{\partial y_S}\right)^2 m_{y_S}^2 + \left(\frac{\partial y_A}{\partial z_S}\right)^2 m_{z_S}^2}. \quad (10)$$

За цими формулами для однієї з опорних точок визначаємо геодезичні координати та точність їх обчислення:

$$X_A - X_{S_1} = (Z_A - Z_{S_1})x_A$$

$$X_A - X_{S_2} = (Z_A - Z_{S_2})\bar{x}_A$$

$$X_{S_2} - X_{S_1} = Z_A(x_A - \bar{x}_A) + Z_{S_2}\bar{x}_A - Z_{S_1}x_A$$

$$Z_A = \frac{X_{S_2} - X_{S_1} - Z_{S_2}\bar{x}_A + Z_{S_1}x_A}{x_A - \bar{x}_A}$$

$$X_A = X_{S_1} + (Z_A - Z_{S_1})x_A$$

$$Y_A = Y_{S_1} + (Z_A - Z_{S_1})y_A$$

Звідки можна записати остаточну оцінку точності визначення координат:

$$m_{Z_A} = \sqrt{\left(\frac{\partial Z_A}{\partial x_A}\right)^2 m_{x_A}^2 + \left(\frac{\partial Z_A}{\partial \bar{x}_A}\right)^2 m_{\bar{x}_A}^2 + \left(\frac{\partial Z_A}{\partial x_{S_2}}\right)^2 m_{x_{S_2}}^2 + \left(\frac{\partial Z_A}{\partial x_{S_1}}\right)^2 m_{x_{S_1}}^2 + \left(\frac{\partial Z_A}{\partial z_{S_2}}\right)^2 m_{z_{S_2}}^2 + \left(\frac{\partial Z_A}{\partial z_{S_1}}\right)^2 m_{z_{S_1}}^2};$$

$$m_{X_A} = \sqrt{\left(\frac{\partial X_A}{\partial x_A}\right)^2 m_{x_A}^2 + \left(\frac{\partial X_A}{\partial \bar{x}_A}\right)^2 m_{\bar{x}_A}^2 + \left(\frac{\partial X_A}{\partial x_{S_1}}\right)^2 m_{x_{S_1}}^2 + \left(\frac{\partial X_A}{\partial z_{S_1}}\right)^2 m_{z_{S_1}}^2};$$

$$m_{Y_A} = \sqrt{\left(\frac{\partial Y_A}{\partial y_A}\right)^2 m_{y_A}^2 + \left(\frac{\partial Y_A}{\partial \bar{x}_A}\right)^2 m_{\bar{x}_A}^2 + \left(\frac{\partial Y_A}{\partial y_{S_1}}\right)^2 m_{y_{S_1}}^2 + \left(\frac{\partial Y_A}{\partial z_{S_1}}\right)^2 m_{z_{S_1}}^2}.$$

Апробуємо приведенний алгоритм на наступному прикладі:

Таблиця 1

Координати на знімках

I знімок		II знімок	
X(мм)	Y(мм)	X(мм)	Y(мм)
1.00667	72.18669	-69.80381	71.35737
72.38724	74.87595	0.66186	70.66853
2.86812	1.58912	-70.82057	0.89677
72.86676	3.44247	-0.40984	-0.16835
4.71226	-68.35269	-71.6926	-69.32638
74.8817	-66.71167	-1.46932	-70.19804

Таблиця 2

Координати на місцевості

X(м)	Y(м)	Z(м)
4000	8200	560
7500	8200	620
4000	4700	550
7500	4700	450
4000	1200	520
7500	1200	500

По цих даних визначені елементи зовнішнього орієнтування двох знімків:

Таблиця 3

Елементи зовнішнього орієнтування знімків

№	α	ω	κ	X_S (м)	Y_S (м)	Z_S (м)
1	$-0^{\circ}50'$	$-0^{\circ}26'$	$-1^{\circ}31'$	4000	4700	10500
2	$0^{\circ}07'$	$0^{\circ}03'$	$0^{\circ}52'$	7500	4700	10497.7

Таблиця 4

Похибки обчислення елементів зовнішнього орієнтування

№	m_α	m_ω	m_κ	m_{X_S} (м)	m_{Y_S} (м)	m_{Z_S} (м)
1	1.334'	1.54'	1.575'	0.0308	0.061	0.029
2	$0^{\circ}1.184'$	$0^{\circ}1.184'$	$0^{\circ}2.489'$	0.055	0.041	0.154

Таблиця 5

Визначені координати точки місцевості за даними фотознімків та оцінка точності їх визначення

Назва	X_A (м)	m_{X_A} (м)	Y_A (м)	m_{Y_A} (м)	Z_A (м)	m_{Z_A} (м)
Опорна точка	4000	0.077	8200	0.171	559.999	0.38

Висновки

У результаті опрацювання запропонованого способу можна зробити наступні висновки:

1. Запропоновано спосіб апіорної оцінки точності для визначення кутових елементів зовнішнього орієнтування цифрових знімків зроблених з БПЛА з метою виключення похибок при оцінці точності класичним методом.

2. Спосіб апробований на макетному взірцеві; отримані значення похибок кутових елементів зовнішнього орієнтування які не перевищують допустимого значення – 3"[].

3. Перспективою подальших досліджень є отримання робочих формул для всіх елементів орієнтування знімків для остаточної апіорної оцінки точності просторових координат точок місцевості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Галецький В. Другий етап експериментальних робіт з аерознімання сільських населених пунктів БПЛА / В. Галецький, В. Глотов, В. Колісніченко, О. Прохорчук, А. Церклевич // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: зб. наук. матер. XVII Міжн. наук.-техн. симпозиуму. – (Алушта, вересень 2012). – Львів. – 2012. – С.274-277.
- Глотов В. Аналіз і перспективи аерофотознімання з БПЛА / В. Глотов, А. Церклевич, В. Колісніченко, О. Прохорчук. // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: зб. наук. матер. XVIII Міжн. наук.-техн. симпозиуму. – (Алушта, вересень 2013). – Львів. – 2013. – С.5–10.
- Глотов В. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата / В. Глотов, А. Церклевич, О. Збруцький, В. Колісніченко, О. Прохорчук, Р. Карнаушенко, В. Галецький // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск І(27) – 2014. – с.131-136.
- Глотов В. Порівняльний аналіз сучасних методів опрацювання великомасштабних планів / В. Глотов, А. Гуніна // – Міжвідомчий науково-технічний збірник “Геодезія, картографія і аерофотознімання”, Вип. 83– 2016. – с.53-63.
- Korn G.A., Korn T.M. Mathematical Handbook for Scientists and Engineers: Definitions, Theorems, and Formulas for Reference and Review. Dover Publications (2000).

ESTIMATION OF THE ACCURACY OF ANGLE ELEMENTS OF EXTERIOR ORIENTATION FOR DIGITAL IMAGES OBTAINED FROM UAVS USING DERIVATIVES OF IMPLICITLY SPECIFIED FUNCTIONS

Hlotov¹V. , Fys² M.

Abstract

Purpose of this work is developing an algorithm for determining the a priori estimation of the accuracy of the angle elements of exterior orientation of digital images obtained from UAVs. Regarding methodology, formulas for estimating the accuracy of elements of exterior orientation are determined by the derivatives of many variables, which are the solutions of linear equations systems. These systems are obtained by differentiating the equations of relation of parameters and the input data. That is, the calculation of the angle elements of exterior orientation of the image must be determined by an iterative process with the required accuracy. The accuracy of their calculation is estimated by using elements of the inverse matrix, which is used when performing the calculations. Therefore, the value of this estimation must also include computational errors that are difficult to estimate. To solve this problem, an estimation method is proposed, the basis of which is the determination of a priori estimation of accuracy. The main difficulty of this approach is to identify the partial derivatives which are constituents in the proposed formulas. These values are not directly determined, since the orientation elements are not represented as analytical expressions, but are determined from a system of nonlinear equations. Therefore, it is not possible to directly calculate partial derivatives. However, the apparatus of the theory of functions of many variables allows us to determine these derivatives. For this purpose, it is necessary to differentiate the equation of the system by parameters (input data). The rule of differentiation of complex functions defines a system of linear equations with the coefficients found by substituting the previously calculated numerical values of the angle elements. Unknown to this system are the required partial derivatives, so its solution gives the necessary numerical values of the additives in the formulas to estimate the accuracy. Note that the values of the angular elements can be obtained with arbitrarily given accuracy, and which do not affect the estimation of accuracy in the proposed method. The errors of the calculation of the elements of the external orientation are exclusively influenced by the errors of the input data. A proof of the effectiveness of this approach is an example in which numerical error values have valid values. In result of processing the working formulas were obtained, which allow determining the a priori estimation of the accuracy of the angle elements using derivatives of implicitly specified functions, and the proposed algorithm was tested on a control example, the results of which confirmed the correctness of the calculations.

Keywords: unmanned aerial vehicle; digital camera, partial derivatives, inverse matrix.

УДК 332.3:528.44

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАЦІЇ РІВНЯ ЦІН ТА ЇХ ДИНАМІКИ

Губар Ю.

Кафедра кадастру територій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail: yurii.p.hubar@lpnu.ua

Виконано дослідження показників варіації з метою їх застосування в оцінці нерухомості. Ці показники слугують критеріями правомірності та ефективності тієї чи іншої структуризації ринку, що досліджується, зважаючи на те, що в результаті структуризації має максимізуватися дисперсія факторних ознак і мінімізуватися дисперсія результативної ознаки. Виконані дослідження дозволяють встановлювати загальні закономірності розподілення цін на об'єкти нерухомості та підвищувати міру однорідності сукупності за рахунок виключення з неї об'єктів з нехарактерними високими чи низькими цінами.

Ключові слова: оцінка нерухомості; показники варіації; рівень цін; динаміка цін; ринкова вартість; середнє абсолютне відхилення; дисперсія; середньоквадратичне відхилення; коефіцієнт варіації.

Вступ

Постановка проблеми. Для виконання дослідження необхідно окреслити ринок, до якого належать угоди та об'єкти нерухомості, стосовно яких ці угоди уклалися, тобто виділити об'єкт спостереження; встановити індивідуальні якісні та кількісні ознаки одиниць спостереження, що об'єднує чи відрізняє їх від решти ринкових одиниць та систематизувати одиниці спостереження за значущими якісними та кількісними ознаками, тобто провести стратифікацію угод і/чи об'єктів нерухомості та виявити взаємозв'язок між цими ознаками [Губар Ю., 2018]. **Аналіз досліджень та невирішені частини загальної проблеми.** Оцінка нерухомості базується на двох принципах формальної логіки: принципі подібності – для порівняння будь-яких об'єктів необхідно показати, що вони мають спільні ознаки; принципі відмінності – для порівняння подібні об'єкти повинні мати ознаки, за якими їх можна розрізнити [Харрісон Г., 1994]. Для того, щоб порівняння було плідним, воно повинне задовольняти двом основним вимогам: порівнюватися можуть лише подібні об'єкти, між якими існує певна об'єктивна спільність; порівняння таких об'єктів має відбуватися за найважливішими, істотними ознаками. Порівняння може здійснюватися як за кількісними, так

і за якісними ознаками угод та об'єктів стосовно яких вони укладені [Фридман Дж., Ордуї Н., 1995]. **Мета дослідження.** Аналіз інформації про угоди та об'єкти, стосовно яких ці угоди укладаються, дозволяє обчислити та проаналізувати типовий рівень цін, що склався на ринку для певної групи об'єктів. Для вирішення цієї задачі, нами використано статистичні показники, що характеризують усю сукупність одиниць спостереження за мірами центральної тенденції та мінливості (варіації). Значення статистичних показників допомагають скласти загальне уявлення про обсяг ринку, інтенсивність ринкових процесів та їх зміну залежно від конкретних умов місця і часу. Ці показники створюють необхідну базу для виявлення взаємозв'язку між рівнем цін та характеристиками угод й об'єктів відповідно [Драпиковський О., Іванова І., Терещенко Н., 2015].

Методика

Визначити наскільки сукупність об'єктів нерухомості є однорідною за ціною купівлі-продажу чи оренди можна за допомогою показників варіації, що характеризують ступінь мінливості значення ціни у різних об'єктів сукупності. Такі показники ґрунтуються на зіставленні індивідуального значення ціни кожної з одиниць сукупності та середнього значення ціни в сукупності.

Для аналізу варіації цін одиниць сукупності застосовують такі показники, як: середнє абсолютне відхилення, дисперсія, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації (рис.1) [Драпиковський О., 2015; Губар Ю., 2020].

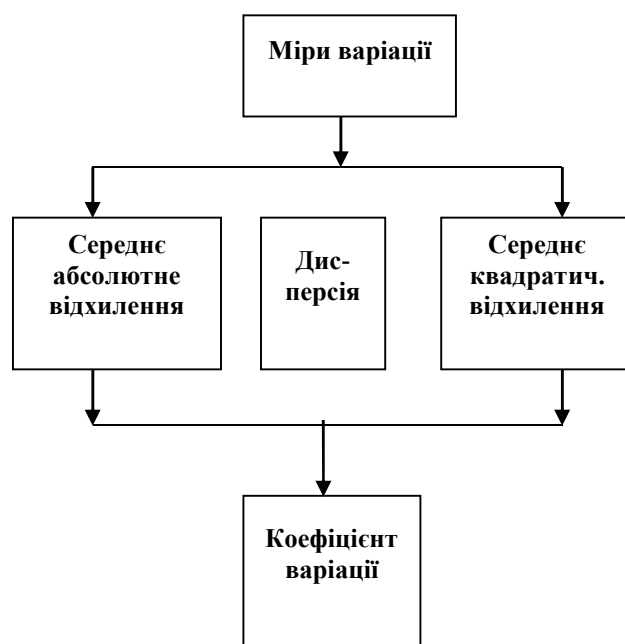


Рис.1. Показники варіації

Кожний з цих показників виконує свою функцію:

1. Середнє абсолютне (або середнє лінійне) відхилення вказує на скільки в середньому кожне значення ціни угоди відхиляється від середньої величини:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |p_i - \bar{p}|}{n}, \quad (1)$$

де $\bar{p}$ – середнє значення ціни угоди для сукупності одиниць нерухомості;

p_i – індивідуальне значення ціни i -ї одиниці сукупності;

n – кількість одиниць сукупності.

2. Дисперсія – середній квадрат відхилень від середнього рівня ціни:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n}. \quad (2)$$

3. Середньоквадратичне відхилення – квадратний корінь з дисперсії, – є мірою надійності середньої величини:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n}}. \quad (3)$$

Якщо виникає потреба порівняти міри однорідності різних сукупностей, то застосовують коефіцієнт варіації:

$$u = \frac{d}{\bar{p}} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad u = \frac{s}{\bar{p}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Значення коефіцієнту буде вказувати на ступінь однорідності сукупності одиниць спостереження (табл.1):

Таблиця 1

Ступінь однорідності сукупності одиниць спостереження

Коефіцієнт варіації, %	Ступінь однорідності
менше 17	абсолютно однорідна
17-35	достатньо однорідна
36-40	недостатньо однорідна
41-60	неоднорідна

Очевидно, що навіть у відносно однорідні групи можуть потрапити об'єкти нерухомості з нехарактерно високими або низькими цінами, що є непоказовими з огляду на загальні тенденції та закономірності і тому під час організації спостереження за цінами виникає надважливе завдання, а саме підвищення міри однорідності сукупностей об'єктів нерухомості за рахунок виключення з них об'єктів з нехарактерними високими

чи низькими цінами. При цьому ніхто не стверджує, що такі ціни є необ'єктивними, однак, безперечно, вони заважають виявити загальні закономірності.

Вирішити проблему виключення таких об'єктів можна, скориставшись показниками варіації. Як правило, для однорідної за цінами угод сукупності одиниць нерухомості притаманний нормальний розподіл, для якого характерним є однакова кількість одиниць зі значенням цін вище і нижче середньої її величини, а з наближенням до середнього значення ціни зростає частота одиниць сукупності. Графічно крива нормального розподілу схожа на дзвін (рис.2) [Перович Л., Губар Ю., 2016].

Отже, нормальний розподіл має відповідати двом вимогам:

- симетрії – однаковій кількості одиниць нижче і вище середньої величини;
- ексцесу – переважання в сукупності одиниць із значенням ознаки, що наближається до середньої величини.

Перевірити відповідність розподілу на нормальність можна за допомогою спеціальних критеріїв математичної статистики, наприклад, за допомогою критерію Пірсона (χ^2).

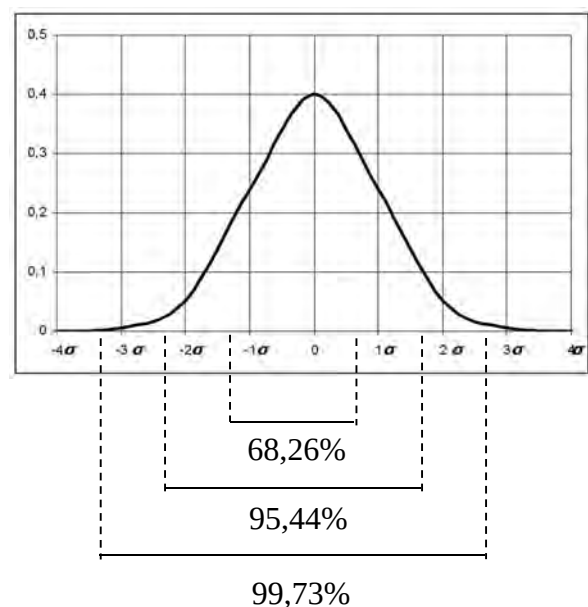


Рис. 2. Нормальний розподіл одиниць сукупності за певною ознакою

Якщо розподіл за цінами об'єктів нерухомості у сукупності (групі) близький до нормального, то вилучити об'єкти з нехарактерно низькими чи високими цінами неважко. Теоретично відомо, яка частина одиниць сукупності з нормальним розподілом попадає з певною ймовірністю в інтервал, межами якого є різниці між середньою ціною та середньоквадратичним відхиленням, що

взяте відповідну кількість разів ($\bar{p} - ks$; $\bar{p} + ks$). Існує так зване «правило трьох сігм», з якого випливає: якщо $M(p)$ – математичне очікування випадкової величини, що має нормальний розподіл, то ймовірність її попадання в інтервал ($M(p) - 3s$; $M(p) + 3s$) становить з точністю до четвертого знаку 0,9973. Одним із видів статистичної оцінки математичного очікування є середня арифметична величина ($\bar{p}$). Середньоквадратичне відхилення також може бути оцінене за емпіричними даними. Тоді у статистичному плані «правило трьох сігм» означає, що якщо емпіричний розподіл відповідає нормальному, то в інтервал ($\bar{p} - 3s$; $\bar{p} + 3s$) в середньому попадає близько 99,73% одиниць сукупності, тобто практично вся сукупність. З тих самих міркувань, в інтервал ($\bar{p} - 2s$; $\bar{p} + 2s$) в середньому потрапляє 95,44%, а в інтервал ($\bar{p} - s$; $\bar{p} + s$) – 68,26% одиниць сукупності.

Отже, фактичний відсоток попадання може відрізнятися від наведених значень, оскільки в реальності немає ідеально нормальних розподілів, однак безумовно, що із вилученням об'єктів з нехарактерними низькими й високими цінами суттєво підвищуватися однорідність сукупності, що, в свою чергу, важливо для коректного використання методу середніх величин [Драпівковський О., Іванова І., Терещенко Н., 2015].

Середня ціна повинна розраховуватися двічі: спочатку за всіма об'єктами та після виключення об'єктів з нехарактерними високими і низькими цінами за найтиповішою частиною об'єктів, що залишилися після фільтрації. Середня арифметична ціна, розрахована для типового діапазону цін ($\bar{p} - s$; $\bar{p} + s$) буде ближче до медіанної ціни і відповідно її значення буде найоб'єктивнішим, що повністю відповідає нормативно-правовим актам України.

Результати

Використовуючи вищенаведені теоретичні викладки розмір орендної плати для 20 подібних об'єктів нерухомості за ступенем їх однорідності (табл. 2).

Таблиця 2

Розрахунок коефіцієнту варіації розміру орендної плати для подібних об'єктів нерухомості

№ з/п	Розмір орендної плати грн. за м ²	$p_i - \bar{p}$	$(p_i - \bar{p})^2$
1	2	3	4
1	145	0	0
2	138	-7	49
3	159	14	196

Продовження табл. 2

1	2	3	4
4	140	-5	25
5	148	3	9
6	152	7	49
7	137	-8	64
8	130	-15	225
9	143	-2	4
10	135	-10	100
11	142	-3	9
12	151	6	36
13	146	1	1
14	155	10	100
15	138	-7	49
16	136	-9	81
17	140	-5	25
18	147	2	4
19	159	14	196
20	160	15	225
Сума	2901		1447
$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} = 145$		$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n} = 72,35$	
Середньоквадратичне відхилення (S)		8,50	
Коефіцієнт варіації, % (U)		5,86	

Обчислене значення коефіцієнту варіації свідчить, що орендна плата для цієї сукупності об'єктів нерухомості є абсолютно однорідною ($U = 5,86 < 17$).

Ступінь однорідності (варіації) дозволяє також оцінити рівень ризику отримання доходу від продажів чи надання в оренду об'єктів нерухомого майна. За результатами аналізу локального ринку нерухомості відомо, що орендні ставки (грн. за м² у місяць) для магазинів А і В за останні десять років (табл. 3). Необхідно встановити, який із них ризикованіше віддавати в оренду.

Таблиця 3

Орендні ставки об'єктів дослідження

Роки	Магазин А	Магазин В
1	52	47
2	59	55
3	57	58
4	58	52
5	50	61
6	55	60
7	57	54
8	61	57
9	59	62
10	56	58

Магазин А

$$\bar{p}_A = \frac{52 + 59 + 57 + 58 + 50 + 55 + 57 + 61 + 59 + 56}{10} = 56$$

Магазин В

$$\bar{p}_B = \frac{47 + 55 + 58 + 52 + 61 + 60 + 54 + 57 + 62 + 58}{10} = 56$$

Отже, загалом обидва магазини протягом цього періоду мали в середньому однакові ставки оренди, однак за цим показником не варто робити остаточних висновків. Проте, ступінь варіації цих ставок – дисперсія, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації, – був різний (табл. 4)

Таблиця 4

Розрахунок коефіцієнту варіації

Роки	Орендні ставки грн./м ² (p_i)		$p_i - \bar{p}$		$(p_i - \bar{p})^2$	
	А	В	А	В	А	В
1	52	47	-4	-9	16	81
2	59	55	3	-1	9	1
3	57	58	1	2	1	4
4	58	52	2	-4	4	16
5	50	61	-6	5	36	25
6	55	60	-1	4	1	16
7	57	54	1	-2	1	4
8	61	57	5	1	25	1
9	59	62	3	6	9	36
10	56	58	0	2	0	4
Сума					102	188
s ²					10,2	18,8
Середньоквадратичне відхилення (S)					3,19	4,34
Коефіцієнт варіації, % (U)					5,7	7,8

Отримані результати обчислень (табл. 4) свідчать про більш високий рівень ризику отримання доходу від оренди для магазину В.

До показників динаміки цін відносяться індивідуальний індекс цін, індекс змінного складу, індекс фіксованого складу, що має поточно-зважену та базисно-зважену форми. Розрахунок таких показників дозволяє відстежувати характерні зміни у цінах купівлі продажу та оренди та визначати вплив зміни факторних ознак на динаміку цін.

Висновки

Розрахунок показників варіації дає змогу встановлювати загальні закономірності розподілення цін на об'єкти нерухомості та підвищувати міру однорідності сукупності за рахунок виключення з неї об'єктів з нехарактерними високими чи низькими цінами. Виконані дослідження можуть слугувати критеріями правомірності та ефективності тієї чи іншої структуризації ринку,

що досліджується, зважаючи на те, що в результаті структуризації має максимізуватися дисперсія факторних ознак і мінімізуватися дисперсія результативної ознаки. Рівною мірою це стосується питання подібності об'єктів, обраних для порівняння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Геодезичне забезпечення та удосконалення методів і моделей оцінки нерухомості: монографія /Губар Ю.П. – Львів: Видавництво «Центр Європи», 2020 – 326с.
- Губар Ю. Дослідження методу розрахунку ринкової вартості об'єкта оцінки як функції ціни продажу об'єктів порівняння та ваги ступеня їх подібності /Губар Ю., Хавар Ю., Сай В.// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2018. – № I (35) – С.121–127.
- Закон України "Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні" від 2001, №47, ст.251).
- Методи і моделі оцінювання нерухомого майна. Навч. посіб. / О.І. Драпівський, І.Б. Іванова, Н.О. Терещенко. – К.: ПАТ «Віпол», 2016. – 512с.
- Перович Л.М., Губар Ю.П. Оцінка нерухомості. Навчальний посібник. – Львів: НУ „ЛП”, 2016. – 296с.
- Фридман Дж., Ордузі Ник. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости. — М.: Дело Лтд, 1995. – 480 с.
- Харрисон Генри С. Оценка недвижимости / пер. с англ. — М.: РИО Мособлупрполиграфиздат, 1994. — 231 с.

ANALYSIS OF PRICES OF VARIATION OF THE PRICE LEVEL AND THEIR DYNAMICS

Hubar¹ * Y.

1 * The Department of Cadaster of Territory of Lviv Polytechnic National University, 12 Bandera, Lviv, Ukraine, 79013, E-mail: Yurii.P.Hubar@lpnu.ua

Variation indices were investigated for their use in real estate valuation. These indicators serve as the criteria for the legitimacy and effectiveness of a particular structured market, which is being investigated, since as a result of structuring, the dispersion of factor traits should be maximized and the variance of the trait trait should be minimized. The conducted researches allow to establish the general regularities of the distribution of prices for real estate objects and to increase the degree of uniformity of the aggregate by excluding the objects with uncharacteristic high or low prices.

Keywords: real estate appraisal; indicators of variation; price level; price dynamics; market value; average absolute deviation; dispersion; standard deviation; coefficient of variation.

УДК 528,8,04

MONITORING AND CONDITION MAPPING FOR SUSTAINABLE USE OF SUMMER PASTURE

¹Arshad Yashar, ²Firidun Taghiyev, ²Bahrur
Nuriyev, ²Izzat Talibov

¹Agro Research Center under Ministry of Agriculture of
Azerbaijan Republic, ²Ministry of Agriculture of Azerbaijan
Republic

Remote sensing has the potential of improving our ability to monitoring and mapping pasture degradation. The article investigated and mapped the current status of pastures based remotely sensed data. Erosion-sensitive areas have also been identified. Digital Elevation Models and Sentinel-2 imageries have been used for research. Normalized difference vegetation index (NDVI), ratio vegetation index (RVI) and enhanced vegetation index (EVI) was calculated and mapped based on the Sentinel imageries for determine the level of erosion.

Keywords: pastures, biodiversity, erosion, grazing, Landsat, DEM, remote sensing, NDVI, RVI, EVI.

Introduction

Grasslands, including sown pasture and rangeland, are among the largest ecosystems in the world and contribute to the livelihoods of more than 800 million people. They are a source of goods and services such as food and forage, energy and wildlife habitat, and also provide carbon and water storage and watershed protection for many major river systems. Grasslands are important for in situ conservation of genetic resources (FAO). Using FAO's data and definition, it is possible to estimate the world area of Pasture and Fodder Crops at 3.5 billion ha in 2000, representing 26% of the world land area and 70% of the world agricultural area [http://www.fao.org/uploads/media/grass_stats_1.pdf].

Using FAO's data and definition, it is possible to estimate the world area of Pasture and Fodder Crops at 3.5 billion ha in 2000, representing 26% of the world land area and 70% of the world agricultural area [<http://www.fao.org/3/i2560e/i2560e07.pdf>].

The Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic estimates that, there are 3123417 ha pastures in Azerbaijan. There are including 1101668 ha winter, 547476 ha summer and 1474273 ha common village pastures [<https://www.agro.gov.az/uploads/documents/1/noMd5ao2nDJwgMRCyTsPdDPPXLXZ2bwwk4DprYOI.pdf>]. There are the following problems in managing these pastures:

1. Absence of centralized management system
2. Lack of maps and databases reflecting the current condition of pasture areas
3. Deficiencies in – protection of user's rights, fulfillment of parties obligations, getting and using pasture areas on destination
4. Non-protection of natural feed sources and failure to take measures for their improvement
5. Poor feed availability due to non-improvement of pastures
6. Lack of a special fund for improvement and management of effective pasture
7. Poor development of intensive animal husbandry

The presence of such problems has a significant impact on pasture biodiversity. Two projects has implemented on pasture biodiversity conservation in Azerbaijan. First project is "Grassland extent and condition mapping in Azerbaijan" (GRAZE) funded by the Integrated Biodiversity Management Programme (IBIS) of GIZ in Azerbaijan [Emmanuel Da Ponte, Asam Sarah, 2019]. Second project is SenSPa – Sentinels for Sustainable Pasture Management funded by European Space Agency and GIZ in Azerbaijan [Emmanouel Tsiros, 2020].

For the last decades, 'remote sensing' has offered new perspectives to complete the work in progress, taking advantage of the different spatial and temporal resolutions provided by different sensors [C.Di Bella, 2004]. Generally, multispectral satellite imagery is an indispensable tool for monitoring biodiversity.

Study area

The study area is summer pastures located in the territory of Gusar region of Azerbaijan. These pastures are affected intensely anthropogenic impact. Particularly, tourism and livestock are predominant.

Methods and materials

The study used the imageries of the Sentinel-2 satellite, DEM (created in 2016, during orthophoto production), and the results of previous projects (Graze and SenSPa).

Vegetation indices obtained from remote sensing based canopies are quite simple and effective algorithms for quantitative and qualitative evaluations of vegetation cover, vigor, and growth dynamics, among other applications [Jinru Xue, Baofeng Su, 2017]. These indices have been widely implemented within remote sensing applications using Sentinel-2 data. B2 (blue), B4 (red) and B8

(near infrared-NIR) bands of imageries of Sentinel-2 satellite were used for the study.

It presents a study carried out to identify relationships between indicators of grassland functions and NDVI, which is estimated through analysis of satellite images to give an indication of “greenness”. The premise is that NDVI is an indicator of vegetation health, because degradation of ecosystem vegetation, or a decrease in green, would be reflected in a decrease in NDVI value. Therefore, if a relationship between the quantity of an indicator – aerial biomass – in various forest ecosystems and the NDVI can be identified, processes of degradation can be monitored. Because plants use as a source of energy in the process of photosynthesis so absorb solar radiation in the photosynthetically active radiation spectral region. Considering these, the NDVI of the study area was established (1).

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4} \quad (1)$$

Take into consideration of seasonal influences, NDWIs were established for different months of the year.

As NDVI is the most widely used [Bannari and all, 1995], it has been picked to explore the effect of hail protection, and as the reference index to compare accuracy and sensitivity concerning LAI against the other VIs chosen. On account of its reputed lack of sensitivity at high LAI [Gitelson and all, 2003] and susceptibility to soil noise [Qi, J. And all, 1994], indices derived from NDVI have been included for comparison to overcome both these shortcomings. RVI, an earlier ratio index known for its sensitivity, has also been included.

$$RVI = \frac{B8}{B4} \quad (2)$$

EVI has been found useful in improving linearity with biophysical vegetation properties and in reducing saturation effects found in densely vegetated surfaces, commonly encountered in the NDVI. However, EVI requires a blue band and is sensitive to variations in blue band reflectance, which limits consistency of EVI across different sensors [https://vip.arizona.edu/documents/review/materials/2-band%20Enhanced%20Vegetation%20Index%20without%20a%20blue%20band%20and%20its.pdf]. The EVI was developed to optimize the vegetation signal with improved sensitivity in high biomass regions and improved vegetation monitoring through a decoupling of the canopy background signal and a reduction in atmosphere influences:

$$EVI = G * \frac{(NIR - RED)}{(B8 + C_1 * B4 - C_2 * B2 + L)} \quad (3)$$

where the coefficients adopted in the EVI algorithm are, L=1, C1=6, C2=7.5, and G (gain factor) =2.5.

Each three vegetation indices were calculated, mapped and classified in 4 classes. The combination of the three vegetation indices provides comprehensive information on grass canopy.

The study revealed that the level of the erosion depends from slope inclination. Therefore, the inclination rate of the slopes was take into consideration. The relationship between grass density and inclination to identify erosion-sensitive locations is defined as the table. The relationship between grass density and slope inclination at the happen of erosion is defined as the table (Table 1).

Table 1.
Weighted Overlay by vegetation indices (VI) and slope inclination (SI)

	Completely degraded	Degraded	Less durable	Durable
SI	< 10	< 10	< 10	< 10
VI	< 0.2	0.20-0.25	> 0.35	0.35-0.40
SI	10 – 30	10 – 30	10 – 30	10 – 30
VI	0.20-0.25	0.25-0.30	0.35-0.40	0.40-0.45
SI	30 – 60	30 – 60	30 – 60	30 – 60
VI	0.25-0.30	0.30-0.35	0.40-0.45	0.45-0.50
SI	> 60	> 60	> 60	> 60
VI	0.30-0.35	0.35-0.40	0.45-0.50	> 0.50

Vegetation indices, slope inclination, LULC and test data were processed according to the methodology in table and figure (Tab.1 and fig.1).

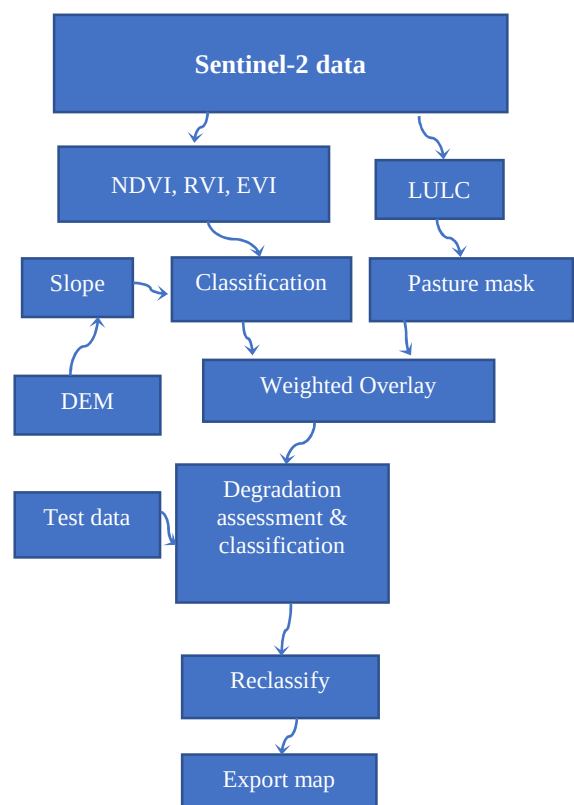


Fig.1. Description of methodology

Results of study show that durable area of common area is less than 50% (fig.2).

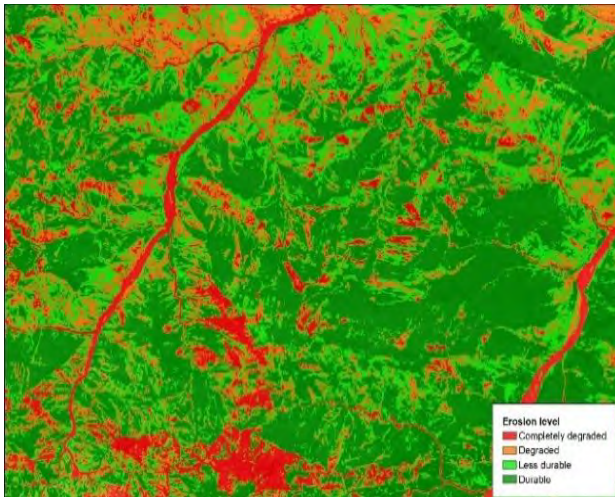


Fig.2. Fragment of erosion level map

Detailed analysis of results show that we can apply the methodology to all summer pastures.

Result

The results of the study suggest that the environmental condition of the area under consideration is unsatisfactory. Study area: 46% durable, 22% is less durable, 19% degraded and 13% are completely degraded. This kind of study is needed to protect biodiversity and develop livestock.

Acknowledgements

We would like to thank GIZ in Azerbaijan for supporting and presenting the study results.

REFERENCES

- Bannari, A.; Morin, D.; Bonn, F.; Huete, A.R. A review of vegetation indices. *Remote Sens. Rev.* 1995, 13, 95–120
- C.Di Bella. Remote sensing capabilities to estimate pasture production in France. *International journal remote sensing*. No 23, 2004
- Emmanuel Da Ponte, Asam Sarah. Report of Grassland extent and condition mapping in Azerbaijan (GRAZE) project. Germany, Munich, 2019
- Emmanouel Tsiros. Report of SenSPa – Sentinels for Sustainable Pasture Management project. Greece, Thessaloniki, 2020
- Jinru Xue, Baofeng Su. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*. Vol.2017
- Gitelson, A.A.; Viña, A.; Arkebauer, T.J.; Rundquist, D.C.; Keydan, G.P.; Leavitt, B. Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophys. Res. Lett.* 2003, 30.
- Qi, J.; Chehbouni, A.; Huete, A.R.; Kerr, Y.H.; Sorooshian, S. A Modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote Sens. Environ.* 1994, 48, 119–126.
- <https://www.agro.gov.az/uploads/documents/1/noMd5ao2nDJwgMRCyTsPdDPPXLXZ2bwkk4DprYOl.pdf>
- <https://vip.arizona.edu/documents/review/materials/2-band%20Enhanced%20Vegetation%20Index%20without%20a%20blue%20band%20and%20its.pdf>
- http://www.fao.org/uploads/media/grass_stats_1.pdf
- <http://www.fao.org/3/i2560e/i2560e07.pdf>

УДК 519:23, 528:93

ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ДАНИХ ПРО РЕЛЬЄФ МІСЦЕВОСТІ В ПЛАНУВАННІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РАДІОЧАСТОТНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Примак Л.

Кафедра геоінформатики та фотограмметрії, Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037, E-mail: lidiya.plyska@gmail.com

Мета роботи полягає в розробці методики розрахунку точності растрових моделей даних про втрати амплітуди радіосигналу засобами геоінформаційної системи ArcGIS. Методика досліджень базується на обчисленні середньої квадратичної похибки даних в децибелах. Для статистичного порівняння значень в якості еталону використано

Я НАДІЙНОЇ і про втрати амплітуди радіосигналу, розрахунок яких базувався на цифровій моделі рельєфу, що побудована на основі топографічних карт масштабу 1:2000. Оцінка точності проводилась для даних про втрати амплітуди радіосигналу, основою розрахунку яких були відкриті дані про рельєф місцевості, а саме SRTM версії 3, Aster GDEM2 та ALOS World 3D версії 2.2. **Ключові слова:** ЦМР, амплітуда радіосигналу, ArcGIS, SRTM, середня квадратична похибка.

Вступ

Наявність глобальних баз топографічних даних в відкритому доступі робить можливим їх залучення до різних сфер науки, виробництва та промисловості. Не є виключенням і телекомунікаційні технології.

Як відомо, основою планування та оптимізації стільникових телекомунікаційних мереж є наступні геопросторові дані: цифрова модель рельєфу (ЦМР), клатер та висотний клатер, що представлені у вигляді растрових моделей даних [Примак, 2018]. Формати геопросторових даних та рекомендації щодо вибору комірки даних в залежності від типу території наводяться в документах-довідниках по експлуатації програмного забезпечення для оптимізації радіомереж. Для прикладу, під час планування та оптимізації радіочастотних мереж в межах великих територій (країна, область, район) рекомендується розмір комірки 20-50 метрів.

В межах вказаного розміру комірки найвідомішими відкритими глобальними наборами даних про рельєф місцевості є SRTM версії 3.0 (НАСА, радіолокаційні топографічні дані про висоти земної поверхні), Aster GDEM2 (METI, НАСА, стереотопографічні дані про рельєф

земної поверхні на основі космічних знімків Aster) та ALOS World 3D версії 2.2 (JAXA, стереотопографічні дані про рельєф земної поверхні на основі космічних знімків Alos).

З іншої сторони діапазон обробки растрових моделей даних засобами геоінформаційних систем останнім часом значно розширився за рахунок розвитку напрямку класифікації растрових зображень, наявності у відкритому доступі цифрових моделей рельєфу, наявності відкритих бібліотек для обробки растрів тощо. Провідними геоінформаційними системами для роботи за растрами є ArcGIS з розширенням Spatial Analyst, SAGA GIS, Grass GIS. Так, наприклад, в [Смалійчук, 2016] зроблено оцінку растрових цифрових моделей рельєфу в порівнянні з польовими вимірами; в [Нарожная, Бурак, 2016] виконано оцінку морфометричних параметрів цифрових моделей рельєфу на основі середньої квадратичної похибки.

Оскільки програмно-аналітична платформа, що реалізує розрахунок втрат амплітуди радіосигналу на основі картографічних даних, Atoll дозволяє експорт розрахованих даних в shp-формат, це робить можливим провести статистично-аналітичні розрахунки точності даних про втрати амплітуди радіосигналу засобами геоінформаційних систем, при цьому врахувавши повну агрегацію даних в межах передавача.

Методика

Завданням дослідження є опрацювання експортованих векторних даних про втрати амплітуди радіосигналу з програмно-аналітичного комплексу Atoll. Структура даних наведена в Таблиці 1.

В якості еталонних було взято дані, розрахунок яких базувався на цифровій моделі рельєфу, що побудована на основі топографічних карт масштабу 1:2000. Оцінка точності проводилась для даних, основою розрахунку яких була цифрова модель рельєфу AW3D30.

Таблиця 1

**Структура даних про втрати амплітуди
радіосигналу**

Назва поля	Тип даних	Пояснення
THRESHOLD	Numeric	Значення втрати амплітуди радіосигналу, дБ
COLOR	Text	Колір в RGB палітрі
TX_ID	Text	Назва станції та номер передавача

На рис. 1 подано структурну схему дослідження.



Рис. 1. Структурна схема дослідження

Для приведення растрових даних в межах одного передавача до одного розміру, було використано рекласифікацію значень еталонних (матриця) та досліджуваних даних (матриця) на максимальне значення втрати амплітуди радіосигналу (1) та подальше перехресне об'єднання даних з рекласифікованими значеннями (2)

$$\begin{cases} X_{rtrue} = \text{Maximum}(X_{true}) + 1 \\ X_r = \text{Maximum}(X) + 1 \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_{true} = X_{true} \cup X_r \\ X = X \cup X_{rtrue} \end{cases}, \quad (2)$$

де X_{rtrue} та X_r – відповідно рекласифіковані матриці еталонної та досліджуваної растрової моделі даних про втрати амплітуди радіосигналу.

Абсолютну похибку ΔX (дБ) було визначено за формулою (3).

Середню квадратичну похибку m визначено за формулою Гауса (4).

$$\Delta X = X_{true} - X \quad (3)$$

$$m = \sqrt{\frac{\sum \Delta X^2}{n}}, \quad (4)$$

де n – кількість комірок, що відповідають відповідному значенню втрати амплітуди радіосигналу, вказується.

Перевірку гіпотези про нормальний розподіл абсолютних похибок виконано за критерієм узгодженості Пірсона (5) [Василенко, Сенча, 2012]:

$$\chi^2 = \sum \frac{(p_i - p_i^{theor})^2}{p_i^{theor}}, \quad (5)$$

де p_i^{theor} – теоретична ймовірність попадання значення про втрату радіосигналу в i -й інтервал розміром 1 дБ; p_i – емпіричне значення ймовірності, для нашого випадку прийнято значення площі території в квадратних кілометрах, що покривається відповідним значенням втрати амплітуди радіосигналу

Результати

Вхідними даними для реалізації описаної методики були два shp-файли, кожен з яких містив полігони зі значеннями втрати амплітуди радіосигналу для 26 базових станцій з розташованими на них 72 передавачами. Район робіт – місто Львів центральна частина, орієнтовна площа 10 км².

Оскільки кожен з файлів містив накладені один на одний полігони попередньо було використано функцію ArcGIS Split By Attributes по значенню поля TX_ID. Таким чином було отримано окремих файлів для кожного передавача.

Растеризація даних для кожного передавача проводилась функцією Polygon to Raster, попередньо відсортувавши дані по полю THRESHOLD функцією Sort. Із-за великої кількості файлів було використано пакетну обробку засобами ModelBuilder.

Обчислення середньої квадратичної похибки за формулами (1-4) також було реалізовано побудовою моделі в ModelBuilder з залученням таких функцій ArcGIS як Reclassify, Mosaic To Raster, Raster Calculator, Zonal Statistics as Table, Add Field, Calculate Field, Summary Statistics.

Підтвердження гіпотези про нормальний закон розподілу абсолютних похибок проведено за допомогою калькулятора, що реалізований в [ООО «Новый семестр», 2019]. Перевірка гіпотези для варіаційного ряду по критерію узгодженості Пірсона показала, що нема причин відкидати основну гіпотезу про нормальний закон розподілу.

Контроль обчислень проведено в межах одного передавача шляхом експорту растру в табличний вигляд, та підрахунку статистики засобами Microsoft Excel. Контроль обчислень підтвердив ідентичність розрахунку середньої квадратичної похибки засобами ArcGIS та обчисленнями в Microsoft Excel. В часовому порівнянні обробка даних за допомогою ArcGIS значно швидша.

В Таблиці 2 зведено остаточні результати обчислень середніх квадратичних похибок.

Таблиця 2

Середня квадратична похибка, дБ

SRTM v.3.0	Aster GDEM2	Alos W3D
6,90	11,51	6,25

Порівнявши ці значення з допустимим: 6-7 дБ для забудованих міських територій [Parson, 1993], 10дБ для приміських територій та 15 дБ для сільської місцевості [Blaunstein, Censor, 2003], можна зробити висновки, що

1. використання SRTM v.3.0 та AW3D30 для цілей планування та оптимізації радіомереж є на границі допуску для міських територій та оптимально може використовуватись в приміській та сільській місцевості.

2. Aster GDEM2 доцільно використовувати для планування та оптимізації телекомунікаційних систем в межах сільських та відкритих територій

Висновки

В результаті досліджень було розроблено методику розрахунку середньої квадратичної похибки растрових даних про втрати амплітуди радіосигналу засобами геоінформаційної системи ArcGIS.

Реалізацію методики виконано за допомогою інструментарію додатку Model Builder для визначення впливу якості цифрової моделі місцевості на розрахункові значення втрат амплітуди радіосигналу. Для досліджень як еталон було використано дані, розрахунок яких базувався на цифровій моделі рельєфу, що побудована на основі топографічних карт масштабу 1:2000. Оцінка точності проводилась для даних, основою розрахунку яких були відкриті дані про рельєф місцевості, а саме SRTM версії 3, Aster GDEM2 та ALOS World 3D версії 2.2.

На основі розрахунків зроблені висновки про доцільних використання вказаних відкритих даних про рельєф місцевості в плануванні та оптимізації радіочастотних телекомунікаційних систем.

Запропонована методика оцінки точності на основі вибірки великої розмірності відповідає вимозі спроможності статистичної оцінки, що підвищує її достовірність у порівнянні з традиційними «табличними» методами вибірки малої розмірності та уточнює аналіз даних, доступний в аналітично програмній платформі для планування та оптимізації радіомереж Atol; а також може бути використана для будь-яких растрових моделей даних про неперервні величини (рельєф, температура тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Blaunstein, N., D. Censor, D. Katz, A. Freedman, and I. Matityahu. (2003). Radio propagation in rural residential areas with vegetation," Progress In Electromagnetics Research. Vol. 40, 131-153.
- Parson, J. D. (1992). Mobile Radio Propagation Channel, Wiley, Chichester, West Sussex, England.
- Василенко О., Сенча І. (2012). Математично-статистичні методи аналізу в прикладних дослідженнях. Навчальний посібник. Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова 54.
- Примак Л. (2018). Основні вимоги до складу топографічного забезпечення для радіочастотного планування телекомунікаційних систем. Науково-технічний збірник «Інженерна геодезія» №65, 158-168.
- Смалійчук А. (2016) Оцінка точності цифрових моделей висот засобами геоматики. Конструктивна географія і геоєкологія. Наукові записки №1. 235-242
- Нарожная А., Буряк Ж. (2016). Морфометрический анализ цифровых моделей рельефа Белгородской области разной степени генерализации. Научные ведомости. Серия Естественные науки. №25 (246). Выпуск 37, 169-178.
- ООО «Новый семестр» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://math.semestr.ru/group/hypothesis-testing.php>

THE USE OF DEM OPEN DATASOURCES FOR THE PURPOSES OF RADIO NETWORK PLANNING AND OPTIMIZATION

Lidiya Prymak*

1*. Department of geoinformatics and photogrammetry, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky Avenue, Kyiv, 03037, Ukraine, E-mail: lidiya.plyska@gmail.com

The purpose of the work is to develop a methodology for calculating the accuracy of pass loss raster data using the ArcGIS geoinformation system. The research methodology is based on the calculation of the mean square error of the data in decibels. For the studies, the reference value was the value of the pass loss data which were calculated based on a digital terrain model built from topographic maps of 1: 2000 scale. Accuracy estimation was performed for pass loss data calculated based on the SRTM verсії 3, Aster GDEM2 та ALOS World 3D verсії 2.2. The calculated pass loss data for 26 base stations with 72 transmitters were used in the studies. Location is city Lviv, Ukraine. As a result, the mean square error of pass loss data was determined, and conclusions about the possibility of using the mentioned open datasources were made

Keywords: DTM, pass loss, ArcGIS, mean square error.

УДК 528.92

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ГІС КОНЦЕНТРАЦІЙНИХ ТАБОРІВ НАЦИСТСЬКОЇ НІМЕЧЧИНИ ПЕРІОДУ 1941-1944 РОКІВ

Четверіков Б.

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет «Львівська політехніка», вул.С.Бандери, 12, м.Львів, Україна, 79013, +38(063)1671585, e-mail: chetverikov@email.ua

Метою роботи є ознайомлення з методикою створення геоінформаційної системи концентраційних таборів нацистської Німеччини в Європі періоду 1941-1944 років. Запроектована ГІС включає полігональні об'єкти меж концтаборів та атрибутивну інформацію: назва концтабору, країна, тип табору, час існування, кількість в'язнів та кількість знищених людей, коротка історична довідка. Для об'єктів для яких вдалось знайти схеми і плани векторизація меж проводилась за цими матеріалами. Для решти об'єктів, межі визначалися або за наявністю історичних меж на місцевості (облаштовані меморіальні комплекси на кшталт концтабору Аушвіц), або за архівними описовими матеріалами. В результаті проведених досліджень, отримано 83 полігональних об'єкта меж концентраційних таборів з 15 країн Європи, що максимально наближені до реальних.

Ключові слова: концентраційний табір, історична ГІС, класифікація таборів, картографічний онлайн ресурс, атрибутивна база даних.

Вступ

За даними звіту 1967 року Федерального міністерства внутрішніх справ Німеччини налічувалося 1634 концентраційних таборів і їх підрозділів на захоплених нацистами територіях. Однак за матеріалами Єврейської віртуальної бібліотеки налічується близько 15 000 концтаборів і їх підрозділів, створених на окупованих територіях. Згодом більшість з них було зруйновано самими нацистами. [<https://www.jewishvirtuallibrary.org/full-listing-of-concentration-camps>] Для таборів пристосовували випадкові приміщення або майданчики просто неба, огорожені кількома рядами колючого дроту зі сторожовими вишками, харчування було жакхливим, умови утримання — нестерпними.

З розвитком цифрових технологій, часто створюються геоінформаційні системи історичних подій для збереження та впорядкування інформації про них. Серед інших і ГІС подій Другої світової війни.

ГІС широко застосовуються в різних напрямках історичних досліджень, головною умовою яких є просторова прив'язка [Гришин, 2017].

Підсумовуючи все вищесказане можна зробити висновок, що ГІС стала невід'ємною частиною історичної картографії і зручним сервісом для поєднання архівних і сучасних матеріалів. Якщо ж говорити про ГІС нацистських концентраційних таборів, то необхідно зазначити, що досі жодна створена система не містить адекватних меж історичних об'єктів.

Мета

Метою роботи є ознайомлення з методикою створення геоінформаційної системи концентраційних таборів нацистської Німеччини в Європі періоду 1941-1944 років. За запропонованою технологічною схемою створити графічно-атрибутивну структуру ГІС.

Методика

Для реалізації поставленого завдання нами були використані наступні вхідні дані:

- 43 архівні схеми і плани концентраційних таборів;
- перелік найвідоміших нацистських концентраційних таборів;
- гібридна онлайн карта сервісу Bing
- веб-сторінки з історичною довідкою про концентраційні табори;
- текстова довідкова інформація про розташування таборів.

Щоб систематизувати наші дослідження була запропонована технологічна схема створення ГІС концентраційних таборів (рис.1).

Прив'язка віднайдених схем і планів концентраційних таборів виконувалась за різною кількістю опорних точок, від 7 до 9, в залежності від ситуації кожного об'єкта.

Проекція була обрана аналогічна картографічному сервісу Bing, а саме Popular visualization WGS84, щоб векторизована інформація узгоджувалась з картою-основою.

Максимальна похибка прив'язки становила 11 метрів на місцевості. Оскільки, більшість графічного матеріалу носило схематичний характер і перед нами не ставилась мета надточного нанесення об'єктів, а лише максимального наближення до реальної картини, нас це задовільнило.



Рис.1. Технологічна схема створення ГІС концентраційних таборів

Відповідно, векторизація меж об'єктів для 43 концтаборів проводилась за графічними матеріалами, для 26 об'єктів – за межами, що збереглися, а для 14 – за описовою інформацією приблизних меж, при цьому об'єкти фактично не збереглися або територія таборів зазнала післявоєнної забудови.

Для систематизації інформації табори, що було опрацьовано класифіковано наступним чином:

- трудові табори;
- табори смерті;
- концентраційні табори;
- пересильні табори;
- гетто

А сама створена база даних об'єктів мала наступну структуру:

- назва концтабору (символьний формат даних, відповідає назві табору),
- країна (символьний формат даних, відповідає країні на території якої існував табір),
- тип табору (символьний формат даних, відповідає призначенню табору згідно класифікації наведеної вище),

- кількість загиблих (числовий формат даних, відповідає кількості знищених людей за офіційними історичними джерелами)
- кількість в'язнів (числовий формат даних, відповідає кількості в'язнів, що міг одночасно утримувати табір за офіційними історичними джерелами)
- роки існування табору (символьний формат даних, відповідає рокам існування табору),
- історія (символьний формат даних, містить гіперпосилання на зовнішню веб-сторінку з інформацією про об'єкт з глобальної мережі Інтернет).

За векторизованими графічними об'єктами і наповненням атрибутивної таблиці до них створена відповідна графічно-атрибутивна структура ГІС, подана на рис.3. На рисунку продемонстрована карта-основа з сервісу Bing на територію Європи, на якій можна побачити червоні точки, що відповідають зменшеному зображенню полігональних об'єктів концентраційних таборів. Нижче подано фрагмент атрибутивної таблиці для декількох з 83 внесених об'єктів.

Результати

В результаті реалізації поставленої мети, нами отримано геоінформаційну систему з 83 об'єктами концентраційних таборів нацистської Німеччини часів Другої світової війни. Полігональні об'єкти територій таборів позначено червоним кольором із червоним штрихом. При натисканні на об'єкті інформаційною кнопкою з'являється вікно з інформацією про об'єкт згідно запроєктованої структури бази даних, а при простому натисканні на полігоні кнопкою миші підвантажується веб-сторінка з інформацією про табір з глобальної мережі. На рисунках 2 та 3 представлені приклади роботи ГІС. На рисунку 2 подано приклад відображення найвідомішого своїми жахіттями і масовими вбивствами табору смерті Аушвіц-Біркенау, що знаходиться поблизу Кракова у Польщі. На рисунку 3 представлено приклад відображення табору праці Заксенгаузен, що знаходився в містечку Оранієнбург поблизу Берліна в Німеччині. Цей табір відомий своїми в'язнями. У ньому було ув'язнено Якова Сталіна (де він і був страчений), а також Степана Бандеру.

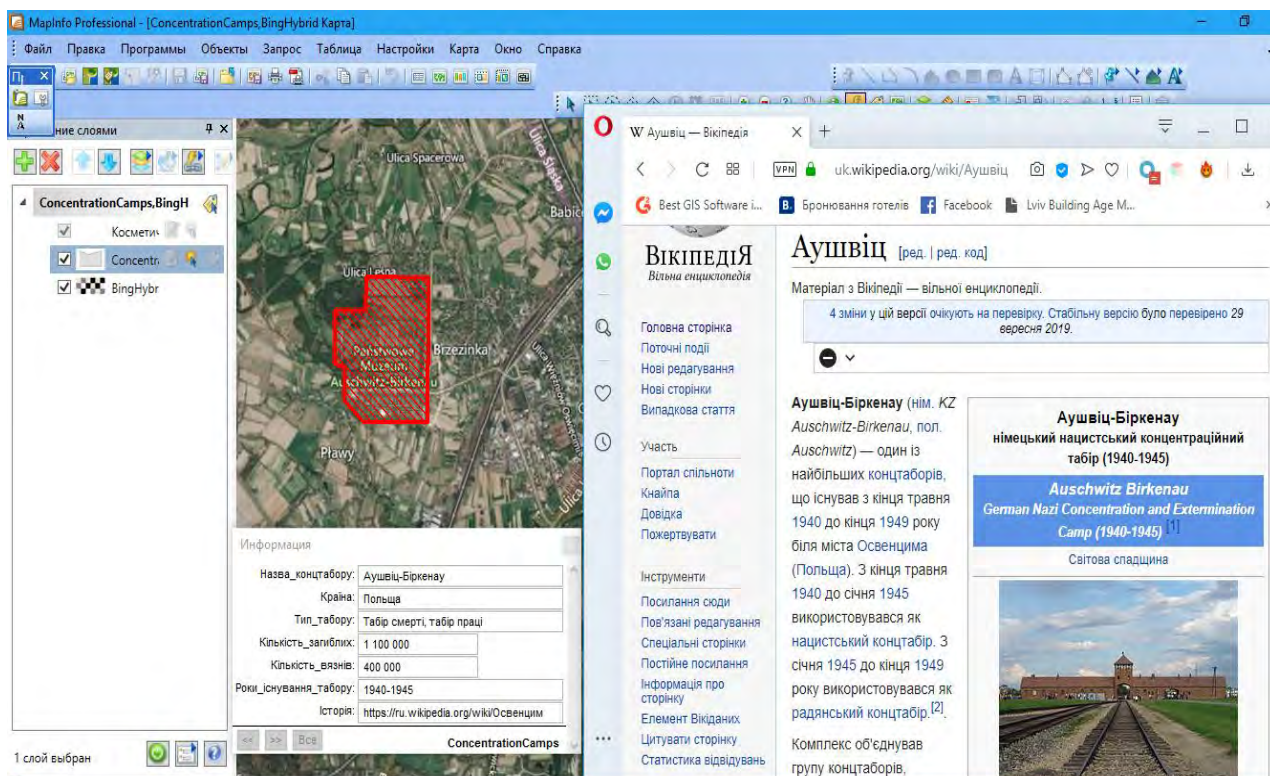


Рис.2. Відображення з ГІС табору смерті Аушвіц-Біркенау (Польща)

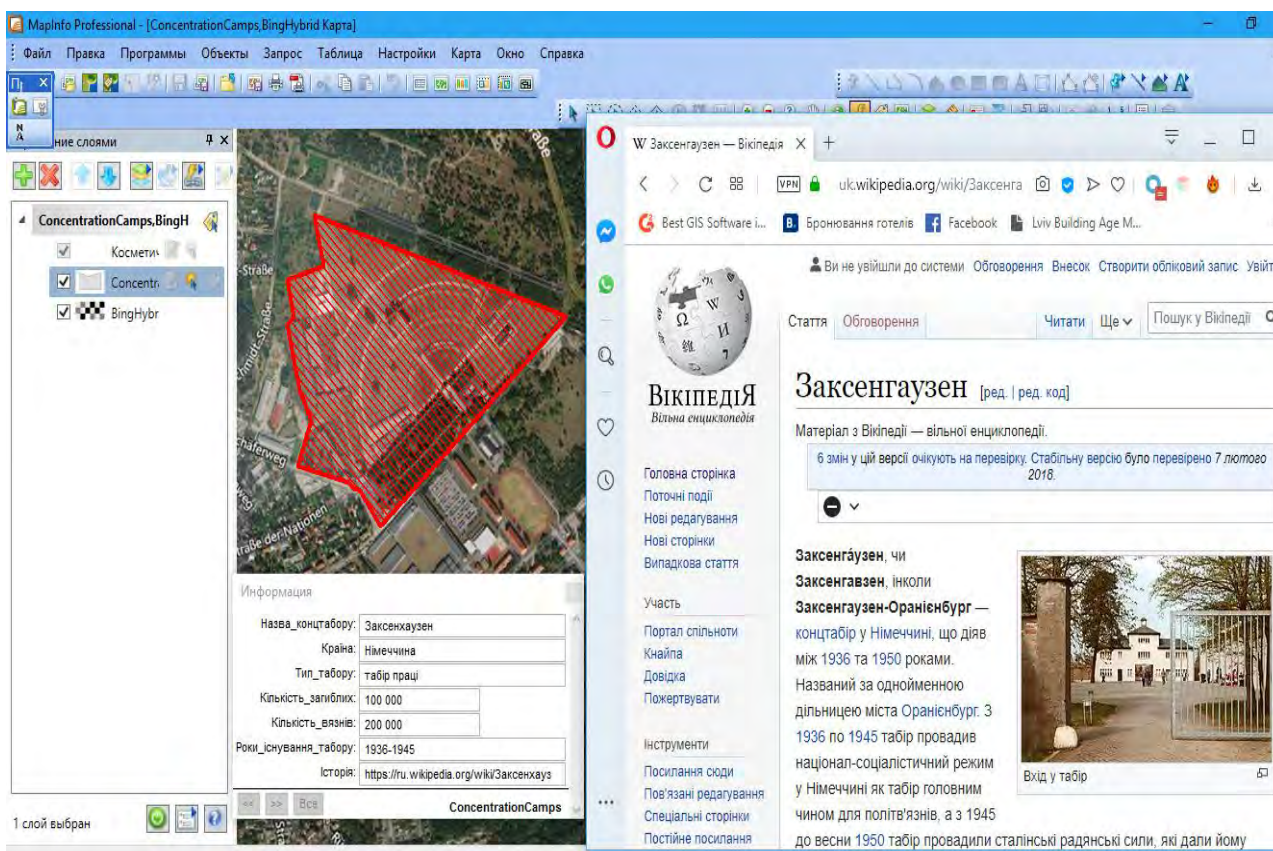


Рис.3. Відображення з ГІС табору праці Заксенгаузен (Німеччина)

Практична значущість

Отримана ГІС нацистських концентраційних таборів часів Другої світової війни може бути використана спеціалістами, які мають історичне спрямування своєї діяльності та відділами охорони культурної спадщини України щонайменше. Дана ГІС може бути доповнена за потреби іншими об'єктами, адже в дослідженнях подані лише 83 найвідоміші табори, а їх всього 1634.

Висновки

В результаті виконання поставленого завдання створена геоінформаційна система, що містить 83 найвідоміші нацистські концентраційні табори часів Другої світової війни, а саме:

трудова таборів – 24 ;
таборів смерті – 19;
концентраційних таборів – 22;
пересильних таборів – 16;
гетто – 2.

Створена ГІС містить графічні об'єкти полігонального типу меж таборів найбільш наближені до реальних, а також таблицю атрибутивних даних з вичерпною інформацією про кожен табір.

Звісно ж кількість відомих таборів є значно більшою за 83 об'єкти, але ми не маємо достатньо інформації про них. Дана ГІС буде доповнюватись по можливості новими об'єктами, але це завдання ще не одного року роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Гришин Е.С. Технологии и методика применения пространственно-временного анализа в специально исторических ГИС-проектах // Историческая информатика. – 2017. – № 2. – С. 74 – 84. DOI: 10.7256/2585-7797.2017.2.23295
- Електронний ресурс [Режим доступу]: <https://www.jewishvirtuallibrary.org/full-listing-of-concentration-camps>
- Електронний ресурс [Режим доступу]: <http://territoryterror.org.ua/uk/projects/prisons/nazi/>
- Електронний ресурс [Режим доступу]: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=eb6a158647ec48be8fe3e628f95dddbbc>
- Електронний ресурс [Режим доступу]: <https://web.stanford.edu/group/spatialhistory/cgi-bin/site/viz.php?id=379>

- Bol P., Ge J. China Historical GIS Historical Geography. – 2005. – Vol. 33.
- Boonstra O. Mapping the Netherlands, 1830–1994. The Use of NLKAART // Coordinates for Historical Maps. St. Katharinen, 1994.
- China Historical GIS — [Electronic resource]. — URL: <http://www.fas.harvard.edu/~chgis/> (access date: 18.02.2016).
- De Belgische Samenleving in Historische Telling — [Electronic resource]. — URL: <http://cartogis.ugent.be/lokstat/> (access date: 18.02.2016).
- Great Britain Historical Geographical Information System (GBHGIS) — [Electronic resource]. — URL: <http://www.port.ac.uk/research/gbhgis/abouttheproject> (access date: 18.02.2016).
- Gregory I.N., Southall H.R. Putting the Past in Its Place: the Great Britain Historical GIS// Innovations in GIS. Selected Papers from the Fifth National Conference on GIS Research UK (GISRUK). – 2005.
- HisGIS Netherlands — [Electronic resource]. — URL: <http://www.hisgis.nl/> (access date: 28.02.2016).
- Kunz A., Boehler W. HGIS Germany: An Information System on German States and Territories from 1820 to 1914 // Historical Geography. 2005. Vol. 33.

METHODS OF CREATION OF GIS CONCENTRATION CAMPS OF NAZI PERIOD 1941-1944

Chetverikov B.

The purpose of this work is to get acquainted with the method of creation of geoinformation system of concentration camps of Nazi Germany in Europe of the period 1941-1944. The projected GIS includes polygonal objects of concentration camp boundaries and attribute information: name of concentration camp, country, camp type, time of existence, number of prisoners and number of people killed, brief historical background. For objects that were able to find schematics and plans, border vectoring was done using these materials. For the rest of the sites, the boundaries were determined either by the presence of historical boundaries on the terrain (memorial complexes such as the Auschwitz concentration camp) or by archival descriptive materials. As a result of the conducted research, 83 polygonal objects of concentration camp boundaries from 15 European countries were obtained, which are as close as possible to real ones.

Keywords: concentration camp, historical GIS, classification of camps, online cartographic resource, attribute database.

УДК 528.8

МОНІТОРИНГ ЗМІН ПРИБЕРЕГОВОЇ ТЕРИТОРІЇ ЧАСТИНИ РІЧКИ ДНІСТЕР

Шевчук В., Бурштинська Х.

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail: shevchukv2016@gmail.com

Основною метою цієї роботи є дослідження, пов'язані із змінами прируслової території частини річки Дністер від м. Галич до с. Діброва Івано-Франківської області довжиною 67 км. Зокрема, досліджували зміну стану лісів, забудови, доріг, орних земель тощо, пов'язаних із впливом антропогенного навантаження на річку. Результати зміни прируслових територій здійснено на підставі контрольованої класифікації за 18 років за космічними знімками Landsat 7 (2000 р.) та Landsat 8 (2018 р.).

Ключові слова – моніторинг; приберегова територія; річка Дністер; космічні знімки; контрольована класифікація.

Вступ

На зміну ландшафту приберегових територій впливають як природні, так і антропогенні чинники. До природних чинників належить клімат, геологічна та геоморфологічна будова, гідрологічний режим, біорізноманіття навколишніх територій. Велика кількість поселень, господарських споруд та сільськогосподарських угідь розміщена в днищах великих річок – Дністра, Прута, Черемоша. Ці території зазнають відчутного негативного впливу регулярних повеней. З другої половини XX ст. і дотепер зафіксовані значні паводки в 1955, 1957, 1959, 1964, 1969, 1970, 1972, 1974, 1977, 1980, 1982, 1988, 1992, 1997, 2001, 2008, 2010 роках. Часто стаючи загрозливими явищами, вони призводять до значних матеріальних втрат, соціальної напруги.

На берегах річки Дністер, починаючи з XV сторіччя і до сьогодні здійснюється щораз більша господарська діяльність. Береги річки, про що відзначається в [Холявчук, 2010] густозаселені, на них розташована велика кількість населених пунктів з орними землями, транспортними лініями, газо- та трубопроводами, лініями електропередач. Особливо значне господарське навантаження на приберегові території р. Дністер характерне з 2-ї половини XX сторіччя і до теперішнього часу. Значно зросли великі центри розселення, зокрема смт. Розвадів, Журавно, м. Галич.

Об'єктом дослідження слугує рівнинна частина р. Дністер від міста Галич до с. Діброва, тому зупинимося більше власне на характеристиках річки на цій ділянці. Річка протікає рівниною, ширина долини поблизу русла місцями сягає 2-3 км біля сіл Золота Липа та Новосілка, рельєф горбисто-рівнинний з перепадом позначок 250-350 метрів, розташовані такі основні населені пункти, як м. Галич, с. Дубівці, Єзупіль, Побережжя, Антонівка.

Очевидно, що господарська діяльність поблизу населених пунктів пов'язана із використанням щораз більшої кількості водних ресурсів. З іншого боку, неконтрольована розорюваність, яка призводить до замулення русла річки, а також забудова приберегових територій стає бар'єром для проходження води під час паводків.

Запропоноване дослідження стосується моніторингу приберегових територій рівнинної частини річки Дністер довжиною 67 км. за 18 річний період (2000-2018 рр.).

Опрацьовано існуючі нормативні вимоги до величини водоохоронних зон річки з відповідністю їх до реальної водоохоронної ситуації [Дубняк 2005, Мартин 2009].

Мета роботи

Основною метою цієї роботи є дослідження, пов'язані із змінами прируслової території частини річки Дністер від м. Галич до с. Діброва Івано-Франківської області довжиною 67 км. Зокрема, досліджували зміну стану лісів, забудови, доріг, орних земель тощо, пов'язаних із впливом антропогенного навантаження на річку.

Основна частина

Зміна прируслових територій, крім деформацій характеру русла, суттєво залежить від збільшення площ населених пунктів та проведення заходів, пов'язаних з життєзабезпеченням населення. Кожна річка має свої особливості, які залежать від її розташування, геологічних структур, тектоніки регіону, літологічних особливостей, а також кліматичних змін. Тому кожен річку досліджують окремо.

Відомі випадки, коли розорювання заплави земель призводило до змиву ґрунтів і перетворення лугов на тривалий термін в непродуктивні території [Бодня, 2013]. Ці проблеми виникають не тільки на території України, а і у багатьох європейських країнах, наприклад, Нідерландах, Італії та Франції. Окремі муніципалітети вирішили планувати населені пункти без координації цих заходів з активністю русла річок,

що створило у майбутньому значні витрати на протипаводкові заходи і підкреслило необхідність та вагомість врахування стійкості русла у довгостроковій перспективі. Подальше освоєння заплавл призводить до ще вищих рівнів повені. Тому пріоритетом нової політики у сфері землекористування є встановлення максимальних охоронних меж з урахуванням майбутнього меандрування річок [Мартин, 2013].

Крім того, проводились дослідження, пов'язані із змінами прируслової території вибраної ділянки. Зокрема, досліджували зміну стану лісів, забудови, орних земель тощо, пов'язаних із впливом антропогенного навантаження на річку Дністер. Зміну прируслових територій здійснено на підставі методу контрольованої класифікації за 18-річний період.

Як нову технологію в останні роки для класифікації широко використовують вегетаційні індекси [Kokhan 2009, Кохан 2012].

Розташування ділянки дослідження подано на рис. 1.

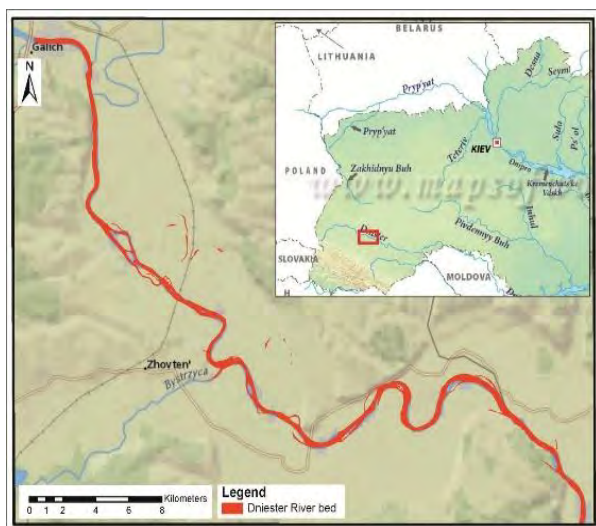


Рис. 1. Досліджувана частина приберегової території р. Дністер

Основною задачею цього дослідження є встановлення змін приберегової території частини річки Дністер за період 2000-2018 рр. на підставі даних дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій.

Для проведення моніторингу змін приберегової території частини річки Дністер використано такі матеріали:

- космічні знімки, отримані з КЛД Landsat-7 2000 р.;
- космічні знімки, отримані з КЛД Landsat-8 2018 р.

Візуалізація та моніторинг приберегової території Дністра здійснювалася засобами програмного забезпечення ArcGIS 10.3.

Методика дослідження

Методику дослідження змін прируслової території ділянки подано за структурною схемою, наведеною на рис. 2.

Рівняння для класифікації за методом максимальної вірогідності має такий вигляд [Лялько 2006, Swain 1978]:

$$D = \ln(a_m) - \frac{1}{2} \ln(|K_m|) - \frac{1}{2} (X - M_m)^T (K_m^{-1}) (X - M_m) \quad (1)$$

де: D – вагова відстань (ймовірність); a_m – відсоток ймовірності того, що класифікований піксел належить класу m (дорівнює 1,0 або вводиться на основі апіорних даних); $|K_m|$ – визначник матриці K_m .

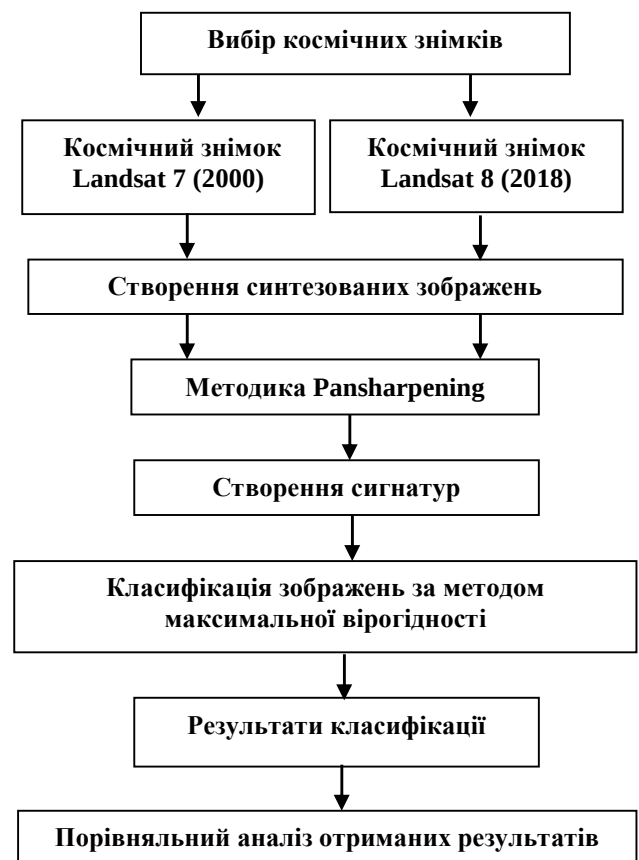


Рис. 2. Структурна схема дослідження змін приберегової території частини річки Дністер

Принциповим в контрольованій класифікації є вибір сигнатур. Класами для дослідження слугували: водні об'єкти, ліси, трав'яниста та кущова рослинність, забудова, рілля та оголені ґрунти. На знімку Landsat 8 2018 року додано клас доріг, оскільки їх покриття було покращено і вони чітко ідентифікувалися. За статистичними дослідженнями різних авторів [Phiri 2017, Perumal 2010] оптимальними величинами сигнатур для класів є кількість каналів помножена на 100 пікселів. Для Landsat 7 – близько 700 пікселів, для Landsat 8 – близько 1000 пікселів. Найбільші труднощі виникали при виборі

сигнатур близьких за спектральними характеристиками класів: забудова і дороги; рілля та оголені ґрунти. Що стосується аналізу результатів класифікації для класу «рілля», то вибрано декілька підкласів з різними спектральними характеристиками залежно від посівів (зелена рослинність, засохла рослинність та виораний ґрунт). Сигнатури на оголених ґрунтах, часто біля заплав та в наявних кар'єрах вибиралися окремо. Для отримання результатів всі підкласи з'єднувалися в один клас. Для класів, які мають однорідні спектральні яскравості сигнатури набирались в декількох місцях розміром 50-100 пікселів.

Виділення класу з населеними пунктами вимагало вибору сигнатур невеликого розміру (20-40 пікселів), переважно на дахах будівель або прибудинкової території. Такі сигнатури вибиралися в багатьох населених пунктах по всій території знімка. Загалом кількість сигнатур досягала 40-50.

Результати роботи

Результати зображень класифікації наведено на рисунках 3 та 4, а значення площ – в атрибутивних таблицях (рис. 5 та рис. 6).



Рис. 3. Карта класифікації за знімком 2000 року

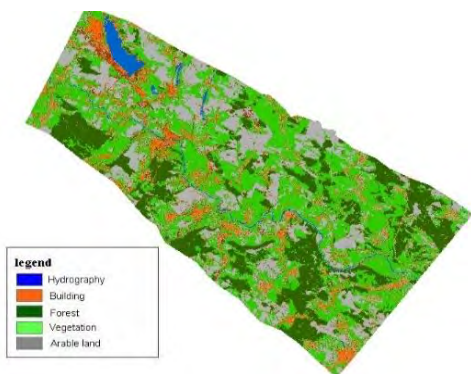


Рис. 4. Карта класифікації за знімком 2018 року

Rowid	VALUE	COUNT	HA3BA	AREA SQ KM	AREA GA	PERCENT
0	125	156776	building	35	3500	3,185
1	126	91316	hydrography	21	2100	1,911
2	184	815064	forest	183	18300	16,851
3	228	1349000	vegetation	303	30300	27,571
4	441	2474309	arable land	557	55700	50,682

Рис. 5. Атрибутивна таблиця до класифікованої карти 2000 р.

Rowid	VALUE	COUNT	Name	AREA SQ KM	AREA GA	PERCENT
0	1	95704	hydrography	22	2200	2,002
1	2	947508	forest	213	21300	19,381
2	34	1917198	vegetation	431	43100	39,217
3	536	1327558	arable land	299	29900	27,207
4	537	360138	building	81	8100	7,37
5	858	234271	roads	53	5300	4,823

Рис. 6. Атрибутивна таблиця до класифікованої карти 2018 р.

Таким чином, за результатами класифікації знімків Landsat 7 та Landsat 8 площі основних класів становлять (в гектарах):

Landsat 7: гідрографія – 2100; забудова – 3500; ліс – 18300; трав'яниста рослинність – 30300; рілля – 55700.

Landsat 8: гідрографія – 2200; забудова – 8100; дороги – 5300; ліс – 21300; трав'яниста рослинність – 43100; рілля – 29900.

Було встановлено, що за 18-річний період (2000-2018рр.) площа, зайнята лісами та трав'янистою луговою рослинністю збільшилась на 3000 та 12800 гектарів відповідно; рілля зменшилась на 25800 гектарів, а площа забудованих територій збільшилась на 4600 гектарів. Площа водних об'єктів за цей період практично не змінилась.

Дане дослідження відноситься до задач, які пов'язують з автоматизованими методами класифікації. Найперше слід зауважити, що прируслові території Дністра є складним об'єктом, густо заселеним із значними площами орних земель і лугової рослинності. Із багатьох методів класифікації вибрано метод контрольованої класифікації за методом максимальної вірогідності, такий вибір базувався на особистих дослідженнях класифікації об'єктів різної за типом місцевості із конкретизацією величин сигнатур і їх розташування. Точніший результат класифікації можливий за використання складніших методів класифікації, наприклад двоетапної класифікації, за якої можна виокремити масками населені пункти, здійснити класифікацію, а в другий етап – класифікувати населені пункти. [Бурштинська, 2013, 2014, 2016].

Висновки

Із інтерпретації двох знімків, по яких проведено класифікацію зауважено значні вирубки

лісів на знімку 2000 року, на знімку 2018 ці ділянки вже покриті кущовою та трав'янистою рослинністю. Значно збільшилися площі забудованих територій, що свідчить про велике зростання площ цього класу на знімку 2018 року. Несподіваним для нас є зменшення площ орних земель на знімку 2018 року, що підтверджується навіть візуальним дослідженням двох зображень. Деякі ділянки орних земель на знімку 2000 року за 18-літній період покриті трав'янистою рослинністю та кущами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бодня О. В. Дешифрування космічних знімків для потреб ландшафтного картографування території національного парку / О. В. Бодня // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2013. – Вип. 18. – С. 17-19.
- Бурштинська Х. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення / Х.В. Бурштинська, Б.В. Поліщук, О.Ю. Ковальчук // Геодезія, картографія та фотознімання. – 2013. – Вип. 78. – С. 101-110.
- Бурштинська Х. Гібридна класифікація лісів за космічними знімками високого розрізнення / Х. Бурштинська, Б. Поліщук, О. Фіковська // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – Випуск 1 (27). – С. 86–93.
- Бурштинська Х. Методика двоетапної класифікації лісів за космічними зображеннями високого розрізнення / Х. Бурштинська, Ю. Денис, Ю. Мадяр, Б. Поліщук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – Випуск 1 (31). – С. 148–155.
- Darius Phiri. Developments in Landsat Land Cover Classification Methods: A Review / Darius Phiri, Justin Morgenroth, Remote Sensing: 967 pp., 2017.
- Дубняк С.С., Дубняк С.А. Оцінка стану і проблеми законодавчого регулювання водоохоронних зон водних об'єктів України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ «Обрії», 2005. – Том 7. – С.25-39.
- Застосування вегетаційних індексів нормалізованої різниці та зваженої різниці при визначенні стану сільськогосподарських культур / С.С. Кохан // Доп. НАН України. — 2012. — № 2. — С. 135-140
- Kokhan S.S. Remote sensing of the Earth: theoretical foundations: textbook / S.S. Kohan, A.B. Vostiokov – K.: Higher School, 2009. – 511 pp.
- Лялька В. Багатоспектральні методи дистанційного зондування землі в задачах природокористування : [монографія] / За ред. В. І. Лялька, М. О. Попова ; Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі. Київ : Наукова думка, 2006., 357 с.
- Мартин А. Нова концепція формування водоохоронних обмежень у використанні земель / А. Мартин, І. Покидько // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zsu.org.ua/andrij-martin/7170-nova-kontseptsiya-formuvannya-vodookhoronnikh-obmezhen-u-vikoristanni-zemel>.
- Мартин А.Г., Канаш О.П., Покидько І.В. Проблеми землевпорядного забезпечення формування водоохоронних зон // Землеустрій і кадастр. – № 3. – 2009. – С. 17-28.
- Perumal, K. Supervised Classification Performance Of Multispectral Images / K. Perumal, R. Bhaskaran // Journal of Computing. – 2010. – Vol. 2 (2). – P. 124-129.
- Remote Sensing: The Quantitative Approach – Philip H. Swain and Shirley M. Davis. New York: McGraw-Hill, 1978, 396 pp.
- Холявчук Д. І. Антропогенне перетворення ландшафтів долини Середнього Дністра як передумова розвитку рекреації / Д. І. Холявчук // Наукові записки [Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського]. Серія : Географія. – 2010. – Вип. 21. – С. 251-259. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzvdpu_geogr_2010_21_39.

MONITORING OF CHANGES IN THE RIVERINE TERRITORY OF A PART OF THE DNIESTER RIVER

Shevchuk V., Burshtynska Kh.

1,2*. Department of Photogrammetry and Geoinformatic, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery street 12, Lviv, Ukraine; E-mail: shevchukv2016@gmail.com

The main purpose of this paper is researches related to changes in the riverine territory of the Dniester River from the Galich town to the village of Dibrova, Ivano-Frankivsk Region, with a total length of 67 km. In particular, we investigated changes in the state of forests, buildings, arable land, etc., associated with the influence of anthropogenic load on the Dniester River. Changes in the riverine territory were carried out on the basis of the method of controlled classification for an 18-year period from satellite images Landsat-7 (2000) and Landsat-8 (2018).

Key words – monitoring; riverine territory; Dniester River; satellite images; supervised classification.

УДК 355.91

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЦИФРОВИХ КАРТ ВИДАННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ СЛУЖБИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Федченко^{1*} О., Литвиненко² Н.

1*. Науково-дослідний центр, Військовий інститут
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, вул. Ломоносова, 81, Київ, Україна,
03022, E-mail: a_fedchenko@ecomm.kiev.ua

2. Науково-дослідний центр, Військовий інститут
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, вул. Ломоносова, 81, Київ, Україна,
03022, E-mail: n123n@ukr.net

У роботі проведено аналіз інформаційної структури цифрових карт видання Топографічної служби Збройних Сил України та розглянуто основи формування масиву цифрових карт у вигляді просторової бази цифрових картографічних даних відповідно до визначених Військових стандартів. Питання підвищення ефективності управління військами на найближчу перспективу є одним з найбільш важливих і пріоритетних у розвитку системи управління Збройних Сил України. Реалізація процесу автоматизації управління військами потребує використання єдиної картографічної основи, представленої цифровими картами місцевості та спеціалізованих програмних продуктів геопросторової обробки даних. Одним із шляхів підвищення якості і ефективності функціонування системи управління військами (силами) є процес автоматизації управління за рахунок використання єдиної геоінформаційної основи.

Ключові слова – управління військами, картографічна основа, цифрові карти, інформаційна структура, просторова база, ArcGIS, Військовий стандарт.

Вступ

Питання підвищення ефективності управління військами на найближчу перспективу є одним з найбільш важливих і пріоритетних у розвитку системи управління Збройних Сил України. Одним із шляхів підвищення якості і ефективності функціонування системи управління є процес автоматизації управління, що, в свою чергу, впливає на підвищення бойової ефективності військ (сил) [http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/koss_va/publ/13_statya_rpu.pdf, Синявский, Валаханович, 2012]. Реалізація процесу автоматизації управління військами потребує використання єдиної картографічної основи, представленої цифровими картами місцевості (ЦКМ) видання Топографічної служби Збройних Сил України та спеціалізованих програмних продуктів геопросторової обробки даних.

Постановка проблеми

З впровадженням в органи управління геоінформаційних систем різних рівнів у штабах все частіше почали використовувати цифрові карти місцевості. Всі вони представлені наборами файлів, які відображають окремі аркуші паперових карт відповідних масштабів. Програмно "зшиті" в єдиний масив, дані файли формують район місцевості, що використовується штабом в якості топографічної основи для відпрацювання бойових графічних документів та вирішення розрахунково-аналітичних задач.

При цьому, розрізняючись ступенем деталізації об'єктів, електронні карти різного масштабу повинні мати єдину систему координат та уніфіковану структуру подання даних з метою можливості подальшої обробки отриманих результатів в штабах різних рівнів з різним ступенем деталізації місцевості. **Актуальність теми** визначається тим, що одним із шляхів підвищення якості і ефективності функціонування системи управління військами (силами) є процес автоматизації управління за рахунок використання єдиної геоінформаційної основи, що, в свою чергу, вплине на підвищення бойової ефективності військ (сил) [http://www.immsp.kiev.ua/perspapes/koss_va/publ/13_statya_rpu.pdf]. Основою геоінформаційної складової в автоматизованій системі управління військами є цифрова карта місцевості, створена за єдиним стандартом з визначеною інформаційною структурою подання даних [ВСТ 01.110.001, Стужук, 2012].

Основна частина

Структура ЦКМ видання Топографічної служби Збройних Сил України побудована на принципах об'єктно-орієнтованих систем і складається з елементів, об'єктів, узагальнюючих об'єктів, підсегментів та сегментів. Топографічні об'єкти можуть бути елементами та об'єктами ЦКМ. Основою ЦКМ є об'єкт, який може мати множину елементів та входити до складу узагальнюючого об'єкта. Узагальнюючі об'єкти або самостійні об'єкти, які не входять до їх складу, поєднуються в підсегменти і сегменти. Всі елементи в ЦКМ пов'язані генетичними або просторовими взаємовідносинами типу "мати – дочка". За типом просторової локалізації всі топографічні та узагальнюючі об'єкти ЦКМ поділяються на точкові, лінійні та площинні.

Змістовні властивості топографічних та узагальнюючих об'єктів відображаються в семан-

тичний інформації ЦКМ. Семантичну інформацію складає множина якісних і кількісних характеристик, які є атрибутами цих об'єктів.

Кожний топографічний та узагальнюючий об'єкт ЦКМ має унікальний ідентифікаційний код. За систему кодування приймається, в першу чергу, державна система (наприклад, для населених пунктів, об'єктів адміністративно-політичного поділу областей, районів – коди Класифікатора об'єктів адміністративно-територіального устрою України), за її відсутності – відомча, а за відсутності обох – система кодів, яка традиційно використовується в існуючих інформаційних системах, і лише у разі відсутності таких – довільне кодування.

Усі елементи ЦКМ, які відносяться до окремого об'єкта ЦКМ, повинні мати у відповідному атрибуті ідентифікаційний код цього об'єкта, а всі об'єкти, які відносяться до певного узагальнюючого об'єкта, – ідентифікаційний код цього узагальнюючого об'єкта.

Цифрові карти місцевості видання Топографічної служби Збройних Сил України надаються органам управління різних рівнів у вигляді просторової бази цифрових картографічних даних [ВСТ 01.110.001]. Для опису інформації в просторовій базі цифрових картографічних даних, створеної Топографічною службою ЗС України використовуються два поняття – атрибуту та домену. Під атрибутом мається на увазі колонка таблиці бази зберігання даних, що характеризується типом (символьний, цифровий) та довжиною і точністю. Якщо атрибут задається набором значень, то цей перелік значень і їх кодів називається доменом.

При описі інформаційної структури зберігання та роботи з базою даних цифрової картографічної інформації введені типи атрибутів, що відповідають вимогам геобаз даних геоінформаційної системи ArcGIS.

Висновки

Перелік атрибутів та доменів, що використовуються в інформаційній структурі просторової бази даних цифрової картографічної інформації, та перелік типів атрибутів, що використовуються для структури зберігання і роботи з просторовою базою даних цифрової картографічної інформації ArcGIS необхідно визначати у відповідності до Військового стандарту ВСТ 01.110.001.

Кожний топографічний об'єкт ЦКМ повинен мати топографічний код згідно з Класифікатором топографічної інформації для топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000,

1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. Об'єкти ЦКМ, які не мають коду Класифікатора, повинні позначатися додатковими кодами.

Відповідно до Військового стандарту ВСТ 01.110.001 основним програмним продуктом для застосування в Збройних Силах України визначено геоінформаційний продукт ArcGIS компанії ESRI (США).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Військовий стандарт ВСТ 01.110.001 – 2011 (01).

Косс В. А. Інформаційна модель системи управління збройними силами як сучасний різновид стратегічного озброєння. URL: http://www.immsp.kiev.ua/perspages/koss_va/publ/13_statya_rpu.pdf.

Синявский В.К., Валаханович П.А. Отдельные проблемы автоматизации процессов управления войсками и пути их решения. *Наука и военная безопасность*. Минск, 2012. № 3. С. 12–19.

Стужук П.І., Грицай П.М., Вознюк Ю.С. Світові тенденції, проблеми та перспективи створення автоматизованих систем управління військами (силами). *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень*. 2012. № 1 (45). С. 68–76.

ANALYSIS OF THE INFORMATION STRUCTURE OF DIGITAL MAPS EDITION TOPOGRAPHIC SERVICE OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

Fedchenko^{1*} O., Lytvynenko² N.

1*. Research Center, Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Lomonosov St., 81, Kyiv, Ukraine, 03022, E-mail: a_fedchenko@ecomm.kiev.ua.

2. Research Center, Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Lomonosov St., 81, Kyiv, Ukraine, 03022, E-mail: n123n@ukr.net.

The paper analyzes the information structure of digital maps of the edition of the Topographic Service of the Armed Forces of Ukraine and examines the basics of the formation of an array of digital maps in the form of a spatial database of digital mapping data in accordance with the defined Military Standards. The issue of improving the effectiveness of military command in the short term is one of the most important and priority in the development of the system of command of the Armed Forces of Ukraine. The implementation of the process of automation of military control requires the use of a single cartographic basis, represented by digital maps of the terrain and specialized geospatial data processing software. One of the ways to improve the quality and efficiency of the operation of the military (forces) management system is the process of control automation through the use of a single geoinformation framework.

Keywords – troop management, cartographic base, digital maps, information structure, geodatabase, ArcGIS.

УДК 631.41

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Ступень^{1*} М., Ступень^{2*} Н., Рижок^{3*} З.

1*. Кафедра земельного кадастру, Львівський національний аграрний університет, вул. В. Великого 1, Дубляни, Україна, 80381, E-mail: zemdek@ukr.net

2*. Кафедра кадастру територій, НУ «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79000, E-mail: nazstupa@gmail.com

3*. Кафедра геодезії і геоінформатики, Львівський національний аграрний університет, вул. В. Великого 1, Дубляни, Україна, 80381, E-mail: zoryana.rizhock@gmail.com

Зроблено прогнозування урожайності ріпаку на прикладі землекористування, що розташоване на території Буського району Львівської області за даними штучного супутника Sentinel-2 у геоінформаційній системі Crop Monitoring на підставі одержаних значень вегетаційного індексу NDVI, NDRE, MSAVI та RECI, що вказує на розріджену рослинність посіву з низькою урожайністю та відповідно вимагає внесення додаткових органічних та мінеральних добрив в зоні низької вегетації рослин.

Ключові слова – геоінформаційні системи; моніторинг; вегетаційний індекс; урожайність; землекористування.

Вступ

Моніторинг за станом вирощування сільськогосподарських культур у сучасних умовах без застосування дистанційних методів та ГІС є не можливим. З розвитком сучасних ГІС технологій, космічного багатоспектрального сканування, високої роздільної здатності систем глобального позиціонування виникають нові можливості для стеження за якісним станом угідь.

Застосування ГІС-технологій в управлінні сільськогосподарським виробництвом досліджено у наукових працях Данкевич В. та Данкевич Є. [2019], Люльчика В., Качановського О. та Булакевич С. [2017], Соловійова А. [2013], Зацерковного В. [2016]. Однак, питання ґрунтового картографування на основі фітоіндикації та інших методів дистанційного зондування на сьогоднішній день не застосовують у повній мірі, тому їх варто віднести до перспективного напрямку подальших наукових досліджень в галузі дистанційного зондування.

Мета

Розрахувати прогнозну урожайність вирощування ріпаку для об'єкта дослідження за допомогою програмного забезпечення геоінфор-

маційної системи Crop Monitoring за результатами растрів вегетаційного індексу.

Методика

У дослідженні використано космічні знімки високої роздільної здатності, які отримано з штучного супутника Sentinel-2 упродовж тривалого проміжку часу. Супутник дозволяє проводити зйомку в оптичному та ближньому інфрачервоному діапазонах, реалізуючи принцип щільної зйомки, і забезпечуючи тим самим одержання зображень з високими вимірювальними й зображувальними властивостями надання на регулярній основі вегетаційних індексів NDVI, NDRE, MSAVI, RECI.

Результати

Дослідження проводимо на прикладі землекористування площею 69,7 га, що розташоване на території Буського району Львівської області за мажами населеного пункту Балучин. Площа землекористування є контрастною за структурою ґрунтового покриву, і тим самим відрізняється між собою за результатами вегетаційного індексу NDVI упродовж не великого проміжку часу.

За результатами моніторингу при вирощуванні ріпаку за даними дистанційного зондування в геоінформаційній системі Crop Monitoring [2019] виділено 3 зони з високою, середньою та низькою вегетацією рослин. Однак, їх площа є різною за даними вегетаційного індексу NDVI, NDRE, MSAVI та RECI. Близькою за структурою є площа зонування землекористування за значеннями NDRE та MSAVI, а також подібними є індекси NDVI та RECI (табл. 1). Це вказує на врахування особливостей методики їх застосування для оптимізації вирощування сільськогосподарських культур.

Таблиця 1

**Площа землекористування за даними
вегетаційного індексу при вирощуванні
ріпаку на 1 липня 2019 р.**

Веgetаційний індекс	Площа					
	висока веgetація		середня веgetація		низька веgetація	
	га	%	га	%	га	%
NDVI	33,3	47,7	17,6	25,2	18,8	27,0
NDRE	4,7	6,6	33,1	47,5	32,0	45,9
MSAVI	2,7	3,8	24,6	35,3	42,4	60,9
RECI	28,6	41,0	18,9	27,1	22,2	31,9

На підставі одержаних значень вегетаційного індексу NDVI, NDRE, MSAVI та RECI згідно з даними дистанційного зондування в кожній зоні землекористування на 1 липня 2019 року обчислену прогнозну урожайність ріпаку, що є нижчою у порівнянні з статистичною 34,2 ц/га

для району розташування об'єкта дослідження [Головне управління статистики у Львівській області, 2019]. З таблиці 2 видно, що з всієї

земельної ділянки урожайність буде меншою у 1,7 рази порівняно з господарською у розмірі 2383,7 ц на площі 69,7 га.

Таблиця 2

**Прогнозна урожайність ріпаку за даними вегетаційного індексу
для землекористування на 1 липня 2019 р.**

Зона вегетації	Значення вегетаційного індексу				Прогнозна урожайність ріпаку за даними вегетаційного індексу, ц/га				Статистична середня урожайність ріпаку в районі дослідження, ц/га	Урожайність ріпаку для всієї посівної площі досліджуваного землекористування, ц				
	NDVI	NDRE	MSAVI	RECI	NDVI	NDRE	MSAVI	RECI		прогнозна				статистична
										NDVI	NDRE	MSAVI	RECI	без врахування даних вегетаційного індексу
Висока	0,74	0,58	0,63	0,63	25,31	19,8	21,5	21,5	34,2	842,8	93,1	58,1	614,9	2383,7
Середня	0,58	0,53	0,53	0,53	17,1	18,1	18,1	18,1		300,3	598,4	445,1	341,5	
Низька	0,37	0,37	0,32	0,26	12,7	12,7	10,9	8,9		239,0	406,0	461,8	197,5	
Для посівної площі землекористування 69,7 га										1382,1	1097,5	965,0	1153,9	

Висновки

Згідно аналізу вирощування ріпаку на досліджуваній ділянці поля (69,7 га) спостерігаємо, що максимально біологічна (прогнозна) урожайність може становити 1382,1 за результатами вегетаційного індексу NDVI, а мінімально – 965,0 ц на основі даних MSAVI. Стає зрозуміло, що на земельній ділянці зосереджена розріджена рослинність посіву ріпаку з низькою урожайністю і відповідно вимагає внесення додаткових органічних та мінеральних добрив в зоні низької вегетації рослин в середньому на площі 41 га для об'єкта дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Головне управління статистики у Львівській області, 2019. Сільське, лісове та рибне господарство. URL: http://database.ukrcensus.gov.ua/statbank_lviv/Database/04SILGOSP/databasetree_uk.asp.
- Данкевич В. Є., Данкевич Є. М., 2019, Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. Економіка АПК, 8: 27.
- Зацерковний В. І., Тішаєв І. В., Віршило І. В., Демидов В. К., 2016, Геоінформаційні системи в науках про Землю: монографія, Ніжин, 510 с.
- Лютьчик В. О., Качановський О. І., Булакевич С. В., 2017, Застосування геоінформаційних систем у сучасному землеустрої. Український журнал прикладної економіки, 2(2): 129-137.

- Соловйов А. І., 2013, ГІС-технологія як інструмент управління аграрними виробничими системами. Бізнес-навігатор, 3: 169-175.
- Earth Observing System, 2019. Crop Monitoring. URL: <https://eos.com/eos-crop-monitoring/>.

**APPLICATION
OF GEOINFORMATION SYSTEMS
FOR PREDICTION GROWING CROPS**

Stupen¹ M., Stupen² N., Ryzhok³ Z.

1*. Department of land cadastre, Lviv National Agrarian University, st. V. Velykogo 1, Dubliany, Ukraine, 30831, E-mail: zemdek@ukr.net

2*. Department territorial cadastre, Lviv Polytechnic National University, st. S. Bandery 12, Lviv, Ukraine, 79000, E-mail: nazstupen@gmail.com

3*. Department of geodesy and geoinformatics, Lviv National Agrarian University, stl. V. Velykogo 1, Dubliany, Ukraine, 30831, Email: zoryana.rizhock@gmail.com

The prediction of rapeseed on the example of land use, which is located on the territory of the Busk district of Lviv region according to the data of the artificial satellite Sentinel-2 in the Crop Monitoring geoinformation system based on the obtained values of the vegetation index NDVI, NDRE, MSAVI and RECI, which grows below yields and accordingly requires the addition of additional organic and mineral fertilizers in the area of low vegetation of plants.

Key words – geoinformation systems; monitoring; vegetation index; crop capacity; land use.

УДК 332.37

Методика

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ступень^{1*} Р., Ступень^{2*} О.

1*. Кафедра геодезії і геоінформатики, Львівський національний аграрний університет, вул. В. Великого 1, Дубляни, Україна, 80381, E-mail: romomas@ukr.net

2*. Кафедра управління земельними ресурсами, Львівський національний аграрний університет, вул. В. Великого 1, Дубляни, Україна, 80381, E-mail: oksanashufryn@ukr.net

Запропоновано масиви екологічної придатності земель та наукові рекомендації щодо вирощування та обробітку сільськогосподарських культур у сівозміні на прикладі земельного масиву товариства з обмеженою відповідальністю, що знаходиться на території Великоглибовицької сільської ради Перемишлянського району Львівської області на основі детального аналізу матеріалів ґрунтових обстежень з метою екологобезпечного використання у системі внутрігосподарського землепорядкування.

Ключові слова – методика; екологічна придатність земель; вирощування сільськогосподарських культур; класи придатності орних земель; внутрігосподарське землепорядкування.

Вступ

Останнім часом надмірне виробниче навантаження на сільськогосподарські землі спричинило посилення негативних процесів. Серед них, окрім ерозійних, набуває загрозливого стану нехтування питаннями екологічної придатності земель для вирощування певних сільськогосподарських культур, зокрема, не обґрунтоване збільшення таких ґрунтовиснажливих культур як ріпак, соняшник та інших.

Науковці Бутенко Є. [2012], Казьмір П. та Казьмір Л. [2007], Третяк А. [2019] розглядають екологічну оцінку території по-перше, як придатність до інтенсивного використання; по-друге, як оцінку властивих цій території факторів родючості. Це передбачає аналіз території з погляду відповідності факторів основним вимогам рослин.

Мета

Для об'єкта дослідження зробити висновок про ступінь придатності території для вирощування сільськогосподарських культур.

Для проведення дослідження нами застосовано метод еколого-економічної класифікації придатності земель для вирощування основних сільськогосподарських культур. В основі дослідження класифікації придатності орних земель покладено показник окупності витрат часткової економічної оцінки орних земель, що відображає врожайність відповідної культури і витрати на її одержання, а також дані бонітування ґрунтів. Ґрунтуючись на розрахунках і показниках часткової економічної оцінки ріллі та бонітування ґрунтів, у межах земельно-оціночного району орні землі землекористувачів чи землеволодінь поділяють на три групи та п'ять класів придатності.

До першої групи належать орні землі, які забезпечують рівень окупності витрат при вирощуванні основних сільськогосподарських культур понад 1,30.

У другу групу входять незмітні й слабо змітні орні землі, що не забезпечують окупності витрат при вирощуванні сільськогосподарських культур інтенсивного виробництва (в основному цукрових буряків, кукурудзи на зерно та інші на рівні 1,30 і вище).

Третя група об'єднує середньозмітні та сильнозмітні орні землі. Як правило, при вирощуванні на них сільськогосподарських культур інтенсивного виробництва рівень окупності витрат буде становити нижче 1,30 [Третяк, 2019].

Результати

Об'єктом дослідження є земельні масиви товариства з обмеженою відповідальністю, що розміщені на території Великоглибовицької сільської ради Перемишлянського району Львівської області. Територія даного господарства відноситься до Лісостепової природно-сільськогосподарської зони, Лісостепової Західної природно-сільськогосподарської провінції, Дністровсько-Західнобузького округу. У господарстві основним видом економічної діяльності є змішане сільське господарство, де вирощують такі сільськогосподарські культури, як ріпак, ячмінь та пшеницю.

Для обґрунтування придатності земельних масивів щодо їх вирощування у господарстві виділено земельні ділянки, детальний аналіз яких подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Аналіз земельних ділянок

№ з/п	Загальна площа, га	Агровиробничі групи ґрунтів		
		шифр	назва	площа, га
1	1,2557	45г	темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені глеюваті легкосуглинкові	1,0922
		51д	темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані середньосуглинкові сильнозмиті	0,1635
2	1,2592	45г	темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені глеюваті легкосуглинкові	1,2592
3	0,1718	49г	темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабозмиті легкосуглинкові	0,1718
4	0,7859	45г	темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені глеюваті легкосуглинкові	0,2390
		51д	темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані середньосуглинкові сильнозмиті	0,5469
5	0,7501	45г	темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені глеюваті легкосуглинкові	0,7501
Разом		4,2227		

Для аналізу ґрунтового покриву вибраних ділянок використано матеріали крупномасштабного ґрунтового обстеження 1992 року Великоглибовицької сільської ради. Як видно з таблиці 1, земельні ділянки представлені в основному темно-сірими опідзоленими ґрунтами та чорноземами опідзоленими глеюватими легкосуглинковими (шифр 45г).

Проаналізувавши розміщення ґрунтів на досліджуваних земельних ділянках запропоновано масиви екологічної придатності земель як наукову передумову їх екологічнобезпечного використання. В таблиці 2 представлено експлікацію земельних ділянок за класами придатності.

Таблиця 2

Експлікація земельних ділянок землекористування за класами придатності

№ з/п	Площа, га	Шифр агрогрупи / Клас придатності		
		45г	49г	51д
1	1,2557	1,0922 / I		0,1635 / III
2	1,2592	1,2592 / I		
3	0,1718		0,1718 / II	
4	0,7859	0,2390 / II		0,5469 / IV, V
5	0,7501	0,7501 / I		
Всього	4,2227	3,3405	0,1718	1,7104

Висновки

З обстежуваних земель найбільшу площу становить агрогрупа 45г – 3,3405 га. Це незмиті ґрунти, що є відведеними в основному під I клас придатності, де можна вирощувати всі районовані сільськогосподарські культури за інтенсивними технологіями. Проте, з них незначну частину – 0,2390 га відведено під II клас придатності, де обов'язковим є обробіток та сівба впоперек або під припустимим кутом до схилу. Під II клас відведено частину земель, що є суміжними із сильнозмитими ґрунтами, тобто знаходяться на схилах 3-5°. Ґрунти агрогрупи 49г, площею 0,1718 пропонуємо відвести під II клас придатності, оскільки це слабозмиті ґрунти розміщені на схилах 3-5°. Невелику площу 0,1635 га на земельній ділянці агрогрупи 51д – сильнозмиті ґрунти відносимо під III клас придатності земель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бутенко Є. В., 2012, Еколого-економічна оцінка сільськогосподарського землекористування у ринкових умовах: монографія, Київ, 158 с.
 Казьмір П. Г., Казьмір Л. П., 2007, Земле-впорядне проектування: організація вгідь і сівозмін та впорядкування території сівозмін: курс лекцій, Львів, 97с.
 Третяк А. М., Другак В. М., Леоніс В. О., Третяк Р. М., Гулько Л. А., 2019, Методичні рекомендації еколого-ландшафтного землевпорядкування сільськогосподарських підприємств, Київ, 92 с.

METHODICAL PRINCIPLES TO DETERMINE THE SUITABILITY OF AGRICULTURAL LAND

Stupen^{1*} R., Stupen^{2*} O.

1*. Department of geodesy and geoinformatics, Lviv National Agrarian University, st. V.Velykogo 1, Dubliany, Ukraine, 30831, E-mail: romomas@ukr.net

2*. Department of land resources management, Lviv National Agrarian University, st. V.Velykogo 1, Dubliany, Ukraine, 30831, E-mail: oksanashufryn@ukr.net

The arrays of ecological suitability of lands and scientific recommendations on cultivation and cultivation of agricultural crops in crop rotation on the example of the land mass of a limited liability company located in the territory of Velikoglibivitsky village council of Peremyshlyany district of Lviv region on the basis of a detailed analysis of materials of ecological and agricultural management land management.

Key words – methodology; ecological suitability of land; growing crops; suitability classes of arable land; farm land management.

UDC 528.88

SATELLITE MONITORING OF THE MINING LEASE AREAS USING RADAR INTERFEROMETRY DATA

Dorosh L., Gera O.

1*. Geodesy and Land Management Department, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, str. Carpathian 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76000, E-mail: liubov.dorosh@gmail.com

The purposes of the work are to establish the current capabilities of radar interferometry methods and to investigate the prospects of their use for observations of the earth's surface deformations on the example of the "Khotyn" minefield. By comparing the radar data processing methods of PS and SBAS, the use of radar interferometry technology to analyze the dynamics of deformation processes of the earth's surface and terrestrial objects is substantiated. Radar interferometry methods have made it possible to analyze the earth's surface deformations in a short period. Moreover, to verify the obtained results we can specify the magnitude of the displacements in the most problematic areas by means of short-beam high-precision geometric leveling. According to the results of the observation series made by ground-based (short-beam geometric leveling) and space (radar interferometry) methods, scientists confirm the presence of an active sedimentation zone in the territory of mining.

Keywords: radar interferometry, monitoring of the earth's surface deformation, PS and SBAS methods, geometric leveling.

Introduction

With the development of technologies and their active expansion into all spheres of life, remote sensing techniques (RS) have become increasingly used in geodesy. This is primarily due to the increased accuracy they provide, as well as to convenience and speed while operating with them. Radar interferometry technology is concerned one of these methods. The technique is not new – it was developed in the 40-ies of the last century. Only now, it is gaining popularity and spread in the professional communities. Radar interferometry techniques are widely used in practice in a lot of European countries to monitor deformation processes of the Earth. Unfortunately, many deformation processes that occur are not natural, that is, they are caused by human action or inactivity. Today, more than ever, the task of monitoring human impact on the environment is urgent. Territories such as sites of the underground mining excavation disrupt the Earth's natural geological structure. In turn, it

causes deformation of the earth's surface. Therefore, it is extremely important to observe the condition of man-caused hazardous objects.

Problem statement

The Kalush-Golin potash salt field is located in the inner zone of the Pre-Carpathian marginal trough in the Kalush district of the Ivano-Frankivsk region. In recent years, activation of hazardous exogenous geological processes such as landslides, subsidence of the earth's surface, karst phenomena has been observed within the territory of this potassium salt field. [National report, 2008, 2009]. Karst dips are formed both in the minefields and in the sides of the Dombrow Quarry. In order to control the progress of such processes and to respond appropriately in time, it is necessary to monitor constantly the development of these processes.

Analysis of recent research works and publications

Nowadays, various methods and tools are available for measuring the displacement of the earth's surface: ranging from inclinometers [O. Zayats et al., 2017; T. Peternel et. al, 2015] and Global Positioning Systems [Y. Li et. al, 2017]; to more innovative approaches, such as drones [T. Peternel et. al, W. Frodella et.al., 2016] and terrestrial laser scanning [R. Fanti et. al., 2013]. New possibilities of obtaining information about the movements of the earth's surface have been emerging since the introduction of the first radar systems (as it is proved in the works of Karneck K., King H., Masonetta D.). Based on the experience of the scientists [Feoktistov et al., 2015], [A. Ferretti et. al., 2007], [M. Costantini et al., 2009], it can be argued that differential processing of over 30 radar images data allows to determine the vertical displacement of the earth's surface to centimeter accuracy. Wide prospects are opened up here for better understanding of the processes of the earth's surface displacement and monitoring of the objects positions in large territories.

Research aims

The purpose of the study is to substantiate the use of the radar interferometry methods to determine the characteristics of the earth's surface and

terrestrial objects positioning, for monitoring the process of the earth's surface deformation.

Materials and methods

Radar imaging is one type of aerospace imaging that is carried out using a radar – an active microwave sensor capable of emitting and receiving ground-scattered polarized radio waves at specific wavelengths (frequencies). The reflected signal contains information about the physical and geometric properties of the surface [V. S Verba et. al., 2010; Giff G. et. al., 2008]. Radar imaging provides observation of the objects hidden by vegetation and even located in a shallow surface layer of water or soil (subsurface pipelines, power lines, underwater structures, etc.). In addition, radar images supply detection of moving objects, obtaining information about the relief of the probe terrain, as well as its specific physical properties like conductivity and humidity [Kanaschenkova A.I., 2006].

This technology is a powerful technique for measuring the earth's surface movements. However, the traditional approach is limited by such sources of errors as *temporal* decorrelation, geometrical decorrelation and atmospheric signal delay. The impact of these factors could be mitigated by processing the SAR data by either the Persistent Scatterer (PS) or Small Baseline Subset (SBAS) methods, which are both based on applying the long time series of images.

The PS method is one of the time series approaches based on the coherent phase of point scatterers. PS method [A. Ferretti et. al, 2007] focuses on a subset of points that indicate relatively constant scattering properties over time. Due to the dominance of the reflection of these point scatterers in the cell of spatial resolution of the image, the effect of geometric decorrelation is also greatly reduced. The PS method uses these separated point scatterers to obtain a time series of displacements. The interferograms are formed by recombining SLC images, initially filtering in azimuth, to eliminate non-overlapping Doppler spectra, and then in range – to reduce the effects of geometric decorrelation. This reduces the noise factor component into the time series of the permanent scatterers deformations (PS).

PS identification is usually considered reliable when using 30 or more images of the same territory for different dates taken in the same

satellite radar capture geometry. Depending on the stability of the scatterer (time coherence), the accuracy of displacement can reach millimeters, while the maximum speed is limited by the minimum time distance between capture and the wavelength of the sensor. The main disadvantage of the permanent scatterers technology is its suitability only for built-up areas or areas without vegetation, as well as for individual buildings and structures while high spatial resolution imaging.

An alternative approach in the analysis of radar interferometric time series is based on applying the network of the individual Small Baseline Subset (SBAS) interferograms [Berardino P. et al., 2002]. The baseline is the distance between the two radars involved images either in the satellite position or at the time of capturing. Thus, with the help of small baselines, both geometric and temporal decorrelation effects are reduced. Due to the small baselines and multidimensionality of commonly used image pixels, the SBAS approach is particularly suitable for distributed scattering mechanisms that occur in rural areas.

Compared to PS, the SBAS method is less sensitive to the number of images; because it uses spatially distributed coherence instead of treating only single points as PS does.

However, in general it is worth noting that the more pictures we have, the better quality of the output is. The reason is that we are able to estimate and reduce the influence of an atmospheric component better. Speaking about the displacements of the earth's surface, SBAS is not limited to linear ones; in fact, except for linear displacement, quadratic and cubic models are supported.

The small baseline subset method, unlike the PS, is a less automated technique. For example, in the case of a 15-pass chain, the number of images pairs reaches 105. According to the criterion of the smallest spatial base, for example, 30-40 pairs are selected. Pairs can be crossed (first pass with second, second with third, first with third, second with fourth, etc.)

This criterion for interferometric pairs formation in the SBAS method reduces the effects of the spatial and temporal decorrelation of these pairs signals. It should also be mentioned that the SBAS method (unlike the PS method) retains the ability to form spatially "dense" source products.

Results

To study the characteristics of the earth's surface and the state of the terrestrial objects of the “Khotyn” minefield territory by PS and SBAS techniques, we selected a series of images taken from the spacecraft Sentinel-1A,B for the period from 03.04.2016 to 31.10.2017 (fig. 1 presents one of the images).

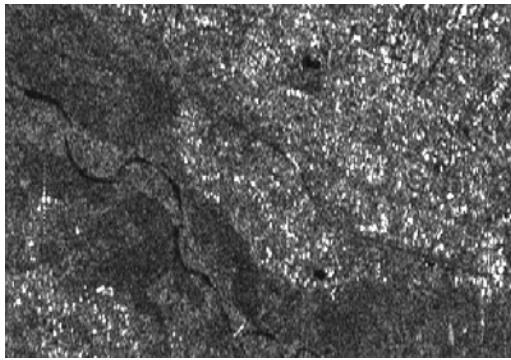


Fig. 1. Radar image by Sentinel-1A on 03.04.2016

For the period from 03.04.2016 to 31.10.2017, vector files with a set of points (radar reflectors) were obtained by the PS and SBAS methods. At these points, the algorithm found permanent scatterers of the radar signal (72 points for SBAS method and 1557 in case of PS method). Vertical movements of the objects for this period were recorded at each point (fig. 2). Vertical displacement values, displayed on a digital map, show the average subsidence rates during the year in radar measurements locations.

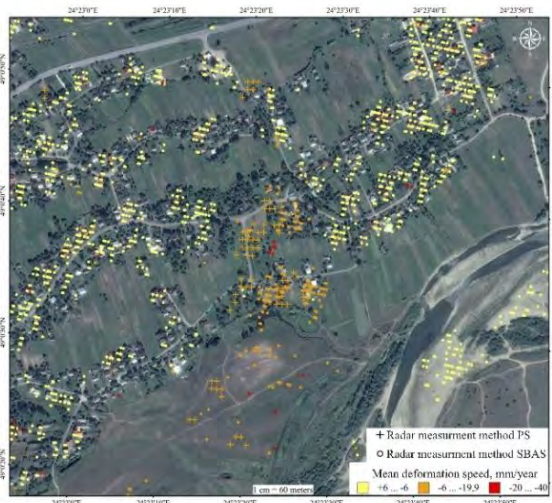


Fig. 2. Layout of permanent stable reflectors of the radar signal

Figure 3 indicates the comparative data analysis for the benchmarks of the “Khotyn”

minefield profile lines and interferometric measurements.

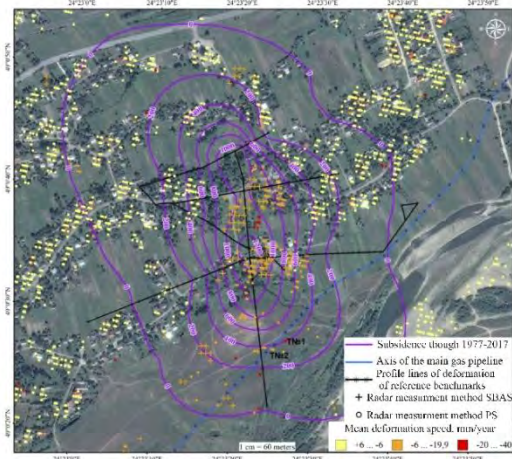


Fig. 3. Locations of geodynamic processes detection using satellite interferometry

The boundaries of subsidence active zones completely coincide with the displacement trough caused by underground workings, which was projected using the results of instrumental observations.

Conclusions

1. The geodynamic state of the natural-technogenic system of the territory of the “Khotyn” mine (Kalush-Golin potash salt deposit) and surrounding territory was estimated by means of high-precision geometric leveling and radar interferometry in the period from 03.04.2016 to 31.10.2017. We identified areas with significant subsidence and calculated the speed of these phenomena. Based on the results of radar interferometry, we determined the area of surface subsidence at a speed rate of -8 mm / year to -20 mm / year. For ground benchmarks located in the specified area, the results of high-precision geometric leveling showed values of the subsidence velocity from -8.9 mm / year to -13.8 mm / year. Therefore, the results of the series of observations made by terrestrial (short-beam geometric leveling) and space (radar interferometry) methods correlate and confirm the existence of an active sedimentation zone in the mining site.

2. Satellite radar methods for geodynamic processes monitoring complement and extend the capabilities of the traditional geodetic methods for observing the deformation of the earth's surface, buildings and structures and other man-caused objects. InSAR methods help to quickly analyze the deformation of the earth's surface and identify problem areas. Then, based on the high-precision geometric leveling with a short beam, it is possible

to determine the magnitude of the displacements exactly in the problem areas with higher level of accuracy. Application of costly and time-consuming precision leveling only in predetermined problem areas is considered to be a very rational decision from a scientific point of view and in terms of involving material and human resources.

REFERENCES

- High-precision inclinometer measurements for monitoring the minefields of mine No. 2 of the Stebnik potassium deposit / O. Zayats et al. *Geodynamics*. 2017. №2 (23). Pp. 25–33.
- Research of the possibilities of the small baseline method using the SBAS module of the SARscape software package and data SAR ASAR / ENVISAT and PALSAR / ALOS as an example. Part 1. Key points of the method / A. A. Feoktistov et al. *Journal of Radio Electronics*. 2015. No9. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/sep15/1/text.html>. (date of the application: 01/15/2020)
- Kanaschenkova A.I. Aerospace radar monitoring of the Earth. Moscow: Radio Engineering, 2006. 240 p.
- National report on the state of technological and natural safety in Ukraine in 2007. Kiev Public Factory "Agency" Chornobinform ", 2008. 230 p.
- National report on the state of technological and natural safety in Ukraine in 2008. Kiev Public Fact
- Space Based Radar Surveillance Systems / V. S Verba et al. Moscow: Radio Engineering, 2010. 675 p.ory"Agency" Chornobinform ", 2009. 230 p.
- A new algorithm for surface deformation monitoring based on Small Baseline differential SAR Interferometry / Berardino P. et al. *IEEE Aerospace and Electronic*. November 2002. Vol. 40, No. 11. P. 2375-2383.
- A web-based GPS system for displacement monitoring and failure mechanism analysis of reservoir landslide / Y. Li et. al. *Scientific reports*. 2017. Vol.7 (1). P. 1–13.
- Giff G., Loenen B., Crompvoets J., Zevenbergen J. Geoportals in selected European states: A non-technical comparative analysis. *Small Island Perspectives on Global Challenges: The Role of Spatial Data in Supporting a Sustainable Future* location St. Augustine, Trinidad. 2008. P. 25–29. URL: <http://www.gsdi.org/gsdi10/papers/TS41.3paper.pdf> (дата звернення: 25.11.2019).
- InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation / A. Ferretti, A. Monti-Guarnieri, C. Rrati C., F. Rossa. ESA Publication, 2007. 48 p. URL: https://www.esa.int/esapub/tm/tm19/TM-19_ptA.pdf (дата звернення: 10.12.2019).
- Method of Persistent Scatterer Pairs (PSP) and High Resolution SAR Interferometry / M. Costantini et al. *IGARSS*. 2009. № 3. P. 904–907.
- Monitoring the Potoška planina landslide (NW Slovenia) using UAV photogrammetry and tachymetric measurements / T. Peternel et. al. *Landslides*. 2017. Vol. 4(1). P. 395–406.
- Petrov S.. Compatible processing of results of high precision geometric levelling and inclination measurements. *Modern achievements of geodesic science and industry*. 2015. Issue 1 (29). P. 70–75.
- Synergic use of satellite and ground based remote sensing methods for monitoring the San Leo rock cliff (Northern Italy) / W. Frodella et.al. *Geomorphology*. 2016. Vol. 264. P. 80–94.
- Terrestrial laser scanning for rockfall stability analysis in the cultural heritage site of Pitigliano / R. Fanti et. al. *Landslides*. 2013. Vol. 10 (4). P. 409–420.

СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ГІРНИЧИХ ВІДВОДІВ ЗА ДАНИМИ РАДАРНОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ

Дорош Л., Гера О.

Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 76000, E-mail: liubov.dorosh@gmail.com

Ця робота ставить за ціль встановити сучасні можливості методів радарної інтерферометрії та дослідити перспективи їхнього використання для спостережень за деформаціями земної поверхні на прикладі шахтного поля «Хотінь». Шляхом порівняльного дослідження методів опрацювання радіолокаційних даних PS та SBAS, обґрунтовано використання технології радарної інтерферометрії для аналізу динаміки деформаційних процесів земної поверхні та приповерхневих об'єктів. За короткий період часу методи радарної інтерферометрії дали змогу проаналізувати деформації земної поверхні і для достовірності результатів на основі високо-точного геометричного коротким променем нівелювання уточнити величину зсувів у найбільш проблемних ділянках. За результатами, серії спостережень наземними (геометричним нівелюванням коротким променем) та космічними (радарної інтерферометрії) методами корелюють і підтверджують наявність зони активних осідань на території гірничої виробки.

Ключові слова – радарна інтерферометрія, моніторинг за деформаціями земної поверхні, методи PS та SBAS, геометричне нівелювання.

UDK 528.92

SUPERVISED AND UNSUPERVISED APPLICATION OF CLASSIFICATION ON ORTHOPHOTOGRAPHIC MAPS

**Valdas Urbanavicius^{1*}, Ilona
Urbanaviciene^{1*}, Pavlo Kalodiy^{2*}**

^{1*} Department of Environmental Engineering, Faculty of
Technologies, Kauno kolegija/University of Applied Sciences,
Pramones pr. 22, Kaunas, Lithuania, 50387,
e-mail: valdas.urbanavicius@go.kauko.lt.

^{2*} Department of Geodesy and Geoinformatics Lviv, University
Lviv National Agrarian University, Volodymyra Velykoho St,
1, Dubliany, Lviv Oblast, 30831, Ukraine,
e-mail: pavlokalodiy@gmail.com

The growth of cities, the development of suburbs, building of roads and other natural phenomena constantly change geography. When the objects of the surface of the earth change, the information that we perceive also changes. The photo view is the constant proof of features, functionality, relations and processes taken at a certain moment. Automated interpretation of views helps to model and analyse the most important relations and processes of the surface of the earth. The influence of different geometric resolution of the orthophotomap upon the automated interpretation results by the unsupervised and supervised classification method.

Keywords: supervised classification, unsupervised classification, clusters, orthophotomap

Introduction

In Lithuania and in many countries of the world, orthophotomaps are used for the compilation of cartographic data collections, geo-referential ground and various spacious data bases. Law of the Republic of Lithuania on Geodesy and Cartography (2001) provides that state orthophotomaps of the entire territory of Lithuania are updated at least every 5 years.

Orthophotomaps are used by most users of GIS. Working with GIS technologies, it is the main layer of information that provides precise information about the objects on the surface of the earth, their size, form and position, quantitative and qualitative indices.

By updating the cadastral spatial data of the Georeferential base (M 1: 10000), visual interpretation is discovered. When interpreting the views, a person visually receives and analyses information, seeking to get as much as possible qualitative, quantitative and geographic information

about the surface of the earth and objects on it, performing their cartography.

The precision of the recognition of objects depends on the individual features, experience, abilities of a person to decipher the objects under analysis of the photographic view.

The brightness of the base of the view, the brightness of colours, the size of objects, the form and texture, the resolution have much influence upon the visual interpretation [Ruzgiene, 2015].

The ability to evaluate the structure of objects, referring to the differences of levels of the relief and objects, the shadows, the time of aero photography, the criteria of precision of the formation of orthophotomap. Pictures from the space are used in various projects in many countries of the world that depend upon the methods of the data collection, the usage of GIS technologies and possibilities of processing [Mileiškaite, Vaitkus, 2011].

GIS serves as an efficient system of complications, classification, storage, synthesis, analysis or retrieval of relevant information of spatial and non spatial origin.

Interpretation technologies are improved for the usage of digital cosmic views data, the automated systems of recognition are created. In the world, the automated interpretation is mostly carried out on the basis of cosmic views [Urbanaviciene, Urbanavicius, 2018].

The main projects are related to the establishment of the view data categories, the determination of changes of situations, the classification of the earth layer, etc.

When carrying out automated interpretation, it is enough to have M 1:10 000 orthophotomaps, software and hardware equipment with the modern information for the purposes of GIS analysis, marking, visualization and world perception. The article analyses the methods of supervised and unsupervised classification of automated interpretation.

The aim of the article is: to analyse the automated decoding precision as well as effectiveness, changing the geometric resolution of orthophotomap.

Method

Determining the fast analysis of the changes of the surface of the earth, the statistical information of the mantle of the earth, the M 1: 10000 orthophotomaps as well as the automated interpretation processes can be used. We can watch the development of the residential areas, the distribution of the mantle of the earth in categories, to analyze in an operative and systematic way fast changing processes of larger areas, etc.

For the performance of the analysis of the data, the following was chosen: to perform the unsupervised classification – the software Image Analysis for ArcGIS, and for the performance of the supervised classification – the software Feature Analyst for ArcGIS. The carried out experiment will distinguish the most important aims of the effectiveness of the automated interpretation with regards to the chosen territory.

The orthophotomap M 1:10000 of the photography situation of the years 2012 and 2017 was used for the experiment (57/35) in the Lithuanian co-ordination system (LKS – 94), the spatial resolution of which was 0,5 metre. It is the orthophotomap of natural colours.

Aero cosmic data for comparison was used in September 2018 Satellite Sentinel 2 of the passive artificial Earth captured, with a spatial resolution of 10 metres.

When carrying out the experiment, the resolution (0,5, 1, 2 and 5 metres) of the orthophotomap M 1:10000 was changed. The unsupervised and supervised classification method was performed and the original view before the radiometric correction with the original histograms of the frequency of the meanings of the views was retained. Using the digital technology, the process of the recognition and perception of views becomes classification, using the mathematic statistics as well as symbols, also evaluating the features of the cartographed object, the resolution, the aims of the chosen interpretation, etc.

In order to clear out the incongruity of the results gained during the automated decoding, to evaluate the requirement of the geometric accuracy

and the perform the analysis of the incongruities of geographic object, the control of one object was carried out through the performance of geodesic measurements.

The main objects are related to the establishment of categories of the view data, the determination of the changes of the situation, the classification of the mantle of the earth, etc.

Carrying out various projects where it is not necessary to have very precise resolution of topographic objects, automated interpretation that is called classification is enough.

With the help of digital technologies, the process of recognition and perception becomes classification using the mathematic statistics and choosing various symbols [Tumas, 2006].

The classification of views is the sorting of pixels into different classes reflecting different information of the mantle of the earth. The methods of classification that are most often used are as follows: the supervised classification and the unsupervised classification [Garg, Kalai, 2018].

The classification process can be regarded as science. During the classification, the meanings of the intensiveness of various channels are analysed with regards to the data of the nearby pixels.

The spectra classification, i.e. when spectra clusters are found with the help of which the characteristics are formed and used as the parameters of the digital interpretation.

The unsupervised classification is more automated. In the software Image Analysis for ArcGIS, the view elements are grouped and a certain group of them is recognized as an object.

The submitted grouping shows the unknown to the

user, but different landed properties. During the unsupervised classification, the gained results define

several parameters that are used by the computer for the recognition of statistical data. It is enough for the operator to indicate the desired number of distinguished clusters.

According to Zhang, Lee, & Lee, (2016) unsupervised learning and supervised learning are important themes for classifying GIS images, and the best solutions are sought to assess the best final grading

When recognizing the areas of the landed properties, such clustering shows different properties to the user. The nature of the properties is determined using the views of higher resolution, various maps or field research [Shiferaw, 2017].

In order to identify the target objects by the way of the supervised classification, the software Feature Analyst for ArcGIS has a possibility to decipher objects from views using several elements. These are input bands that possess spectra data that are able to show the necessary objects in an automated way. One of the main differences from other software equipment is that it analyses not only pixel, but also the surrounding information. The software equipment shows differences between rivers and lakes, roads and buildings that are very similar in their spectra data.

The establishment of the mantle of the earth in the method of supervised classification provides conditions to quickly perform the analysis of the features of the chosen objects. The sequence of the works of the classification of the mantle of the earth is as follows (Visual Learning Systems, 2006): the created new sets of education are maintained in different class of objects of each earth mantle; one class of the multiple objects under interpretation is prepared; establishment of education parameters; the supervised classification, exclusion of multiple classes; correction of the results of the supervised classification.

The important stage of the software equipment Feature Analyst for ArcGIS is the Set Up Learning, where it is possible to choose eight choices defined in advance. The choices are meant for the improvement of the characteristics of objects, such as Land Cover Feature, Wide Linear Feature, Water Mass Feature, etc. The software equipment has a possibility to choose Input Representation that depends upon the real object and the view resolution (for instance, Manhattan.)

Results

The unsupervised and supervised method of classification is carried out with the ortophotomaps (of the resolution of 0,5, 1, 2, 5 metres) of natural colours and original meanings of the frequencies of the view.

The results of the unsupervised classification are provided in Fig. 1, choosing 5 classes, the plants

(forests) growing intensively, landed properties, residential places, roads are depicted differently, it depends upon the features of the objects. The most important features of the objects are the tone, size, texture, shadow, etc.



Fig 1. Examples of the unsupervised classification method (1 – water, shadow, coniferous trees 2 – deciduous trees, meadow, winter crop, 3 – crop sprouted in spring, 4 – wet arable land, 5 – dry arable land, sand, gravel).

The distribution of spectra clusters with regards to the forest object is very varied. Such a distribution of spectra clusters (especially of the first and second classes) depends upon cutting of different types of trees, upon the influence of the shadows of the crown of trees and their own shadow, upon the position of the sun at the time of taking of the photograph, upon the position of the object at the time of photographing (Fig. 2).

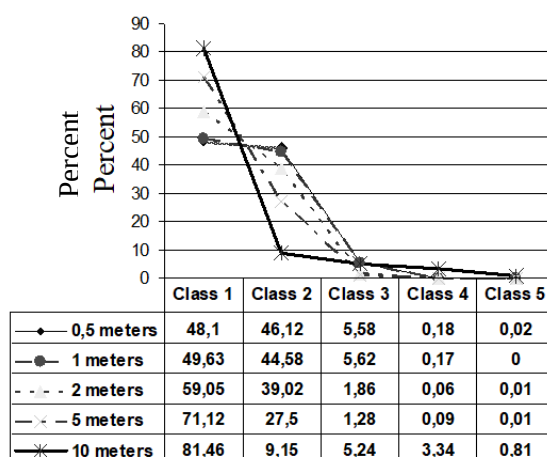


Fig. 2. Distribution of spectra clusters with the regard to different resolution of the ortophotomap and cosmic view in the method of the unsupervised classification

The darkest elements of the spectra cluster: shadows, mirror water, coniferous trees. The distributions of spectra clusters of ortophotomap of the resolution of 0,5 and 1 metre are very similar and make up from 92 to 94 percent. In the results of the

ortophotomap of the resolution of 5 metres and the cosmic view, the spectra clusters of the first class (the darkest one) prevailed.

The peripheral results do not pose any doubts, but marginal results are not defined. The meaning of the second class is already very varied: for instance, the meadow, winter crop, the bright part and the part of the crown of the trees, etc.

The operator decides decipher the results of the classification with respect to non-detailed and unimportant elements of the spectra cluster.

The distribution of the third, second and first classes is insignificant in the analyzed object and constitutes up to 5,8 per cent in the ortophotomaps of the resolution of 0,5 and 1 metre (areas without trees). In the ortophotomaps of the resolution of 2 and 5 metres, 1,9 and 1,4 per cent respectively. The results of cosmic view are larger by 9,4 percent, and the old age of the data has influence upon it.

Choosing the forest object and measuring it in the area by geodesic measurement, the area of 41,504 ha was gained.

The received results (Fig. 3), in respect to the area by the unsupervised classification method, differs from the results gained by geodesic measurement from 1,1 percent (the resolution of 0,5) to 3,57 per cent (resolution of 5 metres).

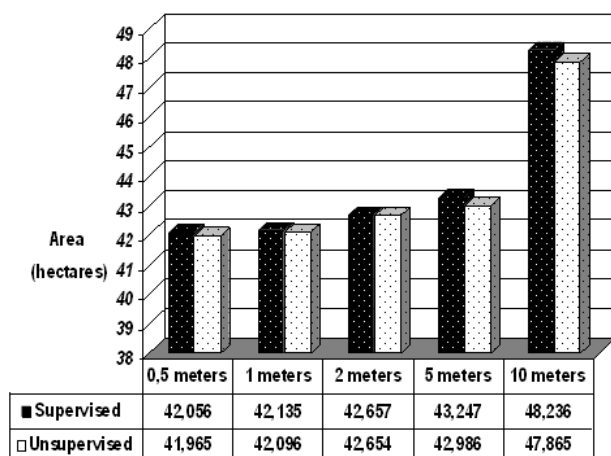


Fig.3. Schedule of the establishment of the forest object area

The result of the area gained during the unsupervised classification of the cosmic view is unreliable and exceeds 13 percent, due to the old age of the view and the changes of the situation (the data of the satellite *Sentinel 2* as of 2018).

The example of the supervised classification is submitted in Fig. 4. 5 learning sets in different classes of the mantle of the earth are created.

The learning parameters for the selection of the objects of the surface of the earth are chosen. The classified view in respect to the chosen object (forest) was distinguished by one colour, only parts of the forest without trees were marked separately.

The results by the method of the supervised classification in respect to the area are different from the results gained by geodesic measurement at the rate from 1,4 per cent (the resolution of 0,5 metres) to 4,52 (the resolution of 5 metres) (Fig. 3).

The reliability of the gained results is largely influenced by the experience of the cartographer, goods skills in the management of the software and the ability to identify the classified objects accentuating the learning sets.

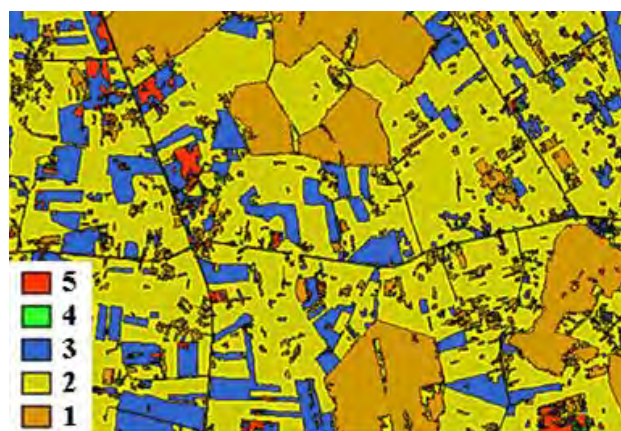


Fig 4. Supervised classification method
(1 – forest, 2 – meadow, winter crop, 3 – arable land, 4 – houses, 5 – dry arable land, sand, gravel)

When carrying out the automated interpretation and evaluating the buildings and the network of roads, it was noticed that the results gained by the methods of the unsupervised classification (Fig. 5, c, d) both in the ortophotomaps of the resolution of 2 and 5 metres, the results gained are better as compared to the supervised classification (Fig.5, a, b). The best result in the fragment of the ortophotomap of the resolution of 0,5 metre (Fig. 5, d) was gained by the unsupervised classification method.

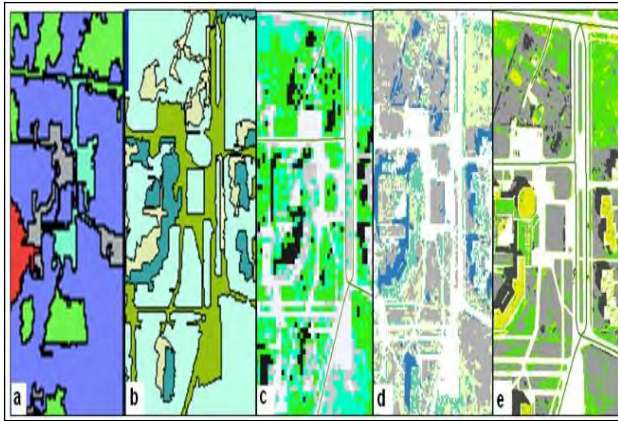


Fig. 5. The buildings and the network of roads by the supervised (a – 5 m, b – 2 m) and unsupervised (c – 5 m, d – 2 m, e – 0,5 m) classification method

The distinguishing of buildings by the supervised classification method does not reflect the geometric form of the buildings, so the results gained by the unsupervised classification method are more precise.

The network of roads in the results of both the supervised and unsupervised classification requires the analysis of the gained results and evaluation, choosing more effective parameters in the software to calculate the statistics of certain object fields.

Conclusions

Classification is related to the information of the possessed views that is necessary for the effective sorting of the data into categories and the purposeful usage of the data.

The supervised classification should be used when not many classes have to be distinguished that are confirmed by real data or are clearly identified.

The ortophotomaps M 1: 10000 of different periods and the data classified by them may be used to solve specialized tasks, determining the tendencies of the development of residential areas, evaluating the are affected by the natural disaster (the area of knocked down trees by storm) and to submit other statistics of the mantle of the earth.

In Lithuania, the supervised and unsupervised classification can be performed using the

ortophotomaps M 1: 10000, changing the meanings of the resolution. The ortophotomaps M 1: 10000 with the resolution of 2 metres are recommended due to their features of visually and the occupied disc place, so they process larger territories in a faster way.

The reliability of the automated decoding results and the effectiveness of the precision of the results depend upon the characteristics of the brightness of the view. The larger hydrographic objects and the flora objects are recognized easier (the gained area of the forest does not exceed 4 percent as compared to the area measured in a geodesic way).

REFERENCES

- Garg, V., & Kalai, A. T. (2018). Supervising unsupervised learning. *In Advances in Neural Information Processing Systems*. 4991-5001.
- Law of the Republic of Lithuania on Geodesy and Cartography, Valstybės žinios, 2001-07-18, Nr. 62-2226.
- Milieškaitė, J. & Vaitkus, G. (2011) Comparison of methods for Landsat tm satellite image segmentation in land cover classification. *Geodesy and Cartography*, 37:3, 135-142. DOI: 10.3846/13921541.2011.626264
- Ruzgiene, B. 2015. Fotografinių vaizdų turinio (situacijos) tapatumo atskleidimo *Engineering and educational technologies scientific journal*. 65-74.
- Shiferaw, D. (2017). Forest Degradation Monitoring and Assessment of Biomass in Harennā Buluk Woreda, Bale Zone, Ethiopia, Using Remote Sensing and GIS Techniques (Doctoral dissertation, Addis Ababa University).
- Tumas, R. (2006). Aplinkos geoinformacinės sistemos .Vilnius: Enciklopedija. 264 p.
- Urbanavičienė, I., & Urbanavičius, V. (2018). Kosminių vaizdų tyrimai: mokomoji knyga. Kaunas: Kauno kolegijos Reklamos ir medijos centras.
- Visual Learning Systems. 2006. Feature Analyst Ver 3.5 Imagine. Missoula USA. 84 p.

УДК 528.06/528.72

РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ВИХОДІВ ЛЬОДОВИКІВ ОСТРОВІВ ГАЛІНДЕЗ ТА ВІНТЕР У 2018–2019 РОКАХ

Марусаж Х., Глотов В.

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний
університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12,
Львів, Україна, 79013, E-mail:
Khrystyna.i.Maruszah@lpnu.ua

Представлено аналіз кліматичних та гляціологічних змін Антарктичного півострова та результати моніторингу льодовиків на островах Галіндез та Вінтер (Аргентинські острови Архіпелагу Вільгельма, Антарктичний півострів). Метою роботи було визначення змін поверхневих об'ємів льодовиків на островах Галіндез та Вінтер за результатами комплексних досліджень за період 2018–2019 рр. Методика базується на сумісному опрацюванні матеріалів наземного лазерного сканування та наземного цифрового знімання у 2018 році, наземного цифрового знімання та знімання з безпілотного літального апарату у 2019 році. В результаті визначено зміни поверхневих об'ємів виходів льодовиків за період 2018–2019 р., що становлять: 36000 м³ – для західної частини льодовика на о. Галіндез, 1100 м³ – для південної частини льодовика на о. Галіндез та 9800 м³ – для південної частини льодовика на о. Вінтер.

Ключові слова – льодовик, наземне лазерне сканування, цифрове стереофотограмметричне знімання.

Вступ

Значна зміна клімату, а саме, істотне потепління, зареєстровано в районі Антарктичного півострова (АП). Кінець XX століття характеризується збільшенням поверхневих температур, посиленням танення льодовиків та збільшенням снігопаду [Thomas & Tetzner, 2018]. Найбільші тенденції потепління на континенті зосереджені на західній та північній частинах Антарктичного півострова, регіоні, що демонструє найбільшу міжрічну мінливість на всьому континенті [Turner, Barrand, et al., 2014]. Варто зазначити, що найбільша тенденція + 0,54°C на десятиліття спостерігається на станції «Академік Вернадський» (1951–2011).

Незважаючи на тенденції регіонального потепління в західному регіоні АП наприкінці XX століття, середня річна температура з 1990-х (1999–2014 рр.) знизилася зі статистично значущими темпами (<5%) [Turner et al, 2016].

Тенденції найбільших змін характерні для північної та західної частини півострова. Танення більшості льодовиків підтверджує, що АП втрачає більше льодовикової маси, ніж набирає, тому процес не збалансований [Cook et al., 2014].

Науковці припускають, що швидке потепління з 1950-х років і подальше зменшення значень приросту температури з кінця 1990-х років не пов'язані з чинником глобальної зміни температури, а скоріше, відображають внутрішню природну мінливість регіональної циркуляції атмосфери [Turner et al, 2016]. Ці висновки підкреслюють необхідність більш тривалих спостережень за даними температури та іншими метеорологічними показниками для оцінки регіональної мінливості клімату [Sobota, Kejna & Arazny, 2015].

Отже, як бачимо задача моніторингу льодовиків є досить важливою і підкреслює необхідність триваліших спостережень для встановлення закономірностей змін об'ємів льодовиків оцінки регіональної мінливості клімату.

Матеріали і методи

Для задач моніторингу острівних льодовиків та їх виходів застосовують наземне цифрове знімання (НЦЗ) та наземне лазерне сканування (НЛС). Запропоновано методику, яка базується на застосуванні цифрового стереофотограмметричного знімання та наземного лазерного сканування. Застосування комплексної методики дає змогу істотно підвищити швидкість виконання вимірювань поверхонь льодовиків та точність отримання кількісних параметрів об'єктів дослідження.

Для спостережень за станом льодовиків також застосовують сучасні засоби дистанційних досліджень – знімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Враховуючи це, комплексну методику модифіковано для застосування наземного цифрового стереофотограмметричного знімання та знімання з БПЛА.

Як первинні дані для визначення змін поверхневих об'ємів виходів льодовиків на островах Галіндез та Вінтер використано матеріали сезонних експедицій 2018–2019 р.: дані наземного лазерного сканування за 2018 р., наземного цифрового знімання 2018 р. та 2019 р. та знімання з БПЛА 2019 р. Для наземного лазерного сканування застосовано сканер Faro Focus 3D S120 [FARO Laser Scanner Focus 3D Manual, 2013]. Наземне цифрове знімання виконано цифровими камерами Canon EOS 450D та Canon

EOS Mark III D. При зніманнях діапазон фокусних віддалей змінювався: 16 мм, 18, 35, 55 мм. Випадки знімання: нормальний та відхилені. Для знімання з БПЛА застосовано Trimble UX5 з камерою Canon EOS Mark III D.

Камеральну обробку отриманих матеріалів цифрового знімання виконано на цифровій фотографічній станції „Дельта-2” за допомогою програмного забезпечення (ПЗ) Digitals. Процес опрацювання матеріалів наземного стереофотограмметричного знімання складається з підготовчих робіт, попереднього опрацювання вхідних даних, орієнтування знімків та побудови цифрової моделі рельєфу (ЦМР).

Отримані знімки після усунення дисторсійних спотворень за відомих координат центрів проєкцій знімків зорієнтовано за допомогою додатку Models.exe в режимі «Наземне знімання» та «Два поодинокі знімки». Для побудови ЦМР розраховано інтервал регулярної сітки і щільність вузлів сітки [Tretiyak et al., 2016].

Опрацювання даних наземного лазерного сканування складається з попереднього опрацювання даних, оцінки точності зовнішнього орієнтування сканів та 3D-моделювання.

Попередня обробка даних виконана у програмному забезпеченні фірми виробника наземного лазерного сканера – Faro Scene Software.

Після фільтрації виконувалося об'єднання сканів льодовиків в єдину точкову модель за допомогою функції автоматичного розпізнавання контрольних сфер з подальшим редагуванням та перевіркою точності. В результаті мінімальна похибка зшивки сканів для льодовика на о. Галіндез склала 0,46 мм, а максимальна – 10,13 мм, а для льодовика на о. Вінтер: мінімальна – 0,75 мм та максимальна – 6,48 мм. Результуючій тривимірній моделі присвоєно текстури з зображень, отриманих лазерним сканером.

За сумісним опрацюванням матеріалів НЛС та НЦЗ, отриманих у квітні 2018 р. побудовано точкові моделі виходів льодовиків на островах Вінтер та Галіндез. За матеріалами НЦЗ та знімання з БПЛА отриманих у квітні 2019 р. побудовано ЦМР виходів льодовиків.

Обчислення змін поверхневих об'ємів льодовиків виконано в ПЗ Leica Cyclone. За сумісними моделями за 2018–2019 р. побудовано нерегулярні триангуляційні мережі – TIN (Triangulated Irregular Network). Отримані моделі візуально перевірено та за необхідності виконано редагування моделі.

Для визначення змін об'ємів пропонується метод прямокутної призми. Такий вибір пояс-

нюється тим, що дозволяє обчислювати об'єм об'єкта відносно деякої площини (надалі вживатимемо площини) початкового відліку. Цей метод реалізовано в багатьох програмних забезпеченнях з функцією обчислення об'ємів. За методом прямокутної призми об'єм обчислюють як сумарну кількість об'ємів окремих призм [Yanalak, 2005]

Для обчислення змін поверхневих об'ємів побудовано строго вертикальну площину початкового відліку, яка є сталою для всіх циклів спостережень. Відносно цієї площини обчислюють значення об'ємів, а потім знаходять різниці для сусідніх циклів спостережень – зміни об'ємів льодовиків.

Результати і обговорення

За результатами наземного лазерного сканування (2018 р.), наземного цифрового знімання (2018 р., 2019 р.) та знімання з БПЛА (2019 р.) західного та південного виходів льодовика острова Галіндез та південного виходу льодовика розташованого на острові Вінтер, встановлено зміни поверхневих об'ємів (таблиця). Для порівняння змін поверхневих об'ємів наведено результати попередніх досліджень льодовиків [Tretiyak et al., 2016], які виконують з 2002 року. Всі спостереження виконано в березні–квітні кожного досліджуваного року.

Загальна тенденція щодо танення льодовиків Антарктичного півострова також простежується в публікаціях результатів сучасних досліджень. За даними [Cisak et al. 2008] за 2000–2005 роки льодовик острова Галіндез загалом втратив 2–3% свого об'єму, що в середньому становить 20000 м³/рік. Результати досліджень [Tretiyak et al., 2016] свідчать, що середня швидкість зменшення об'єму західної частини льодовика Галіндез становить 12000 м³/рік, південної частини льодовика Галіндез – 9150 м³/рік, а південної частини льодовика Вінтер – 8800 м³/рік. За дослідженнями [Chernov et al., 2018] максимальну товщину льоду виявлено на льодовиковому куполі острова Галіндез – 35 метрів, що відрізняється від максимальної товщини – 59 м за результатами радіолокаційних досліджень у 1998 р. [Бахмутов та ін, 2006] та 45–48 м за результатами досліджень у 2004 р. [Levashov et al., 2004].

Таблиця

**Зміни (зменшення) поверхневих об'ємів
острівних льодовиків**

Льодовик о. Галіндез, західна частина		Льодовик о. Галіндез, південна частина		Льодовик о. Вінтер, південна частина	
Період часу	Зміна об'єму (м ³)	Період часу	Зміна об'єму (м ³)	Період часу	Зміна об'єму (м ³)
2002 – 2003	23000	2002 – 2003	1500	2002 – 2003	–
2003 – 2004	28000	2003 – 2004	350	2003 – 2004	1250
2004 – 2005	17000	2004 – 2005	4800	2004 – 2005	4800
2005 – 2013	64000	2005 – 2013	94000	2005 – 2013	82000
2013 – 2014	16000	2013 – 2014	500	2013 – 2014	1400
2014 – 2018	1200	2014 – 2018	600	2014 – 2018	800
2018 – 2019	36000	2018 – 2019	1100	2018 – 2019	9800

З наведених результатів моніторингу льодовиків островів Галіндез та Вінтер за 2014–2019 роки можна зробити висновок про зменшення їх об'ємів, проте зміни є неоднорідними.

Висновки

За результатами аналізу літератури для Антарктичного півострова характерна просторова мінливість льодовиків, однак зміни є нерівномірними. Тенденції найбільших змін льодовиків характерні для північної та західної частини Антарктичного півострова та островів.

Для моніторингу виходів льодовиків островів Галіндез та Вінтер у 2018–2019 роках застосовано методику, яка базується на застосуванні наземного цифрового знімання та наземного лазерного сканування. Також модифіковано та вперше апробовано методику визначення поверхневих об'ємів острівних льодовиків сумісним використанням цифрового стерео-фотограмметричного знімання та знімання з БПЛА. Застосування комплексних методик дає змогу істотно підвищити швидкість виконання вимірювань поверхонь льодовиків та точність отримання кількісних параметрів об'єктів дослідження.

За результатами наземного лазерного сканування 2018 р., цифрового знімання 2018р., 2019 р. та знімання з БПЛА 2019 р. встановлено зміни (зменшення) поверхневих об'ємів льодовиків о. Галіндез та о. Вінтер: 36000 м³ – для виходу західної частини льодовика на о. Галіндез, 1100 м³ – для виходу південної

частини льодовика на о. Галіндез, 9800 м³ – для виходу південної частини льодовика на о. Вінтер.

Для своєчасного виявлення змін льодовиків та встановлення закономірностей з регіональною мінливістю клімату є важливим подальший щорічний моніторинг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бахмутов В. Г., Ващенко В. Н., Грищенко В. Ф., Корчагин И. Н., Левашов С. В., Пищаный И. Н. Методы и результаты измерений мощности ледников Малый Уиггэнс (Антарктический полуостров) и Домашний (остров Галиндез). Український антарктичний журнал. 2006. № 4-5. С. 47-51.
- Глотов В., Ковальонко С., Чижевський В. Кількісні параметри острівних льодовиків за результатами цифрового стереофотограмметричного знімання. Український антарктичний журнал. 2004. № 2. С. 58–65.
- Cisak, J., Milinevsky, G., Danylevsky, V., Glotov, V., Chizhevsky, V., Kovalenok, S., et al. 2008. Atmospheric impact on GNSS observations, sea level change investigations and GPS-photogrammetry ice cap survey at Vernadsky Station in Antarctic Peninsula. In CAPRA, A. and DIETRICH, R., eds. Geodetic and geophysical observations in Antarctica. Berlin: Springer, 191–209
- Chernov, A., Lamsters, K., Karušs, J., Krievāns, M., Otruba, Y. 2018. A Brief Review of Ground Penetrating Radar Investigation Results of Ice Caps on Galindez, Winter and Skua Islands (Wilhelm Archipelago, Antarctica) for the Period April 2017–January 2019. Ukrainian Antarctic Journal, 1 (17), 40-47.
- Cook, A. J., Vaughan, D. G., Luckman, A. J., & Murray, T. 2014. A new Antarctic Peninsula glacier basin inventory and observed area changes since the 1940s. Antarctic Science, 26(6), 614-624.
- FARO Laser Scanner Focus 3D Manual, 2013. URL: <https://faro.app.box.com/s/>.
- Levashov, S.P., Yakymchuk, N.A., Usenko, V.P., Korchagin, I.N., Solovyov, V.D., Pishchany, Y.M. 2004. Determination of the Galindez Island ice cap thickness by the vertical electric-resonance sounding method. Ukrainian Antarctic Journal, 2, 38-43.
- Osmanoğlu, B., Navarro Valero, F. J., Hock, R., Braun, M., & Corcuera Labrado, M. I. 2014.

- Surface velocity and mass balance of Livingston Island ice cap, Antarctica. *The Cryosphere*, 8(5), 1807-1823.
- Rosa K.K., Vieira R., Fernandez G., Mendes C.W., Velho L.F., Simões J.C. 2015. Recent changes in the Wanda Glacier, King George Island, Antarctica. *Pesquisas em Geociências*, 42 (2), 187-196, 10.22456/1807-9806.78119
- Silva, A. B., Arigony-Neto, J., Braun, M., de Almeida Espinoza, J. M., Costi, J., Janã, R. 2020. Spatial and temporal analysis of changes in the glaciers of the Antarctic Peninsula. *Global and Planetary Change*, 184, 103079.
- Sobota, I., Kejna, M., & Arażny, A. 2015. Short-term mass changes and retreat of the Ecology and Sphinx glacier system, King George Island, Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, 27(5), 500-510.).
- Thomas, E., Tetzner, D. 2018. The Climate of the Antarctic Peninsula during the Twentieth Century: Evidence from Ice Cores, Antarctica – A Key To Global Change, Masaki Kanao, Genti Toyokuni and Masa-yuki Yamamoto, IntechOpen,
- Tretyak, K., Hlotov, V., Holubinka, Y., & Marusazh, K. 2016. Complex geodetic research in Ukrainian Antarctic station “Academician Vernadsky” (years 2002-2005, 2013-2014). *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, 100(1), 149-163. <https://doi.org/10.1515/rgg-2016-0012>
- Turner, J., Barrand, N., Bracegirdle, T., Convey, P., Hodgson, D. A., Jarvis, M., Jenkins, A., Marshall, G., Meredith, M. P., Roscoe, H., Shanklin, J., French, J., Goose, H., Guglielmin, M., Gutt, J., Jacobs, S., Kennicutt, M. C., Masson-Delmotte, V., Mayewski, P., Navarro, F., Robinson, S. A., Scambos, T., Sparrow, M., Summerhayes, C., Speer, K. & Klepikov, A. 2014. Antarctic climate change and the environment: an update. *Polar Record*, 50 (3), 237-259.
- Turner, J., Lu, H., White, I., King, J. C., Phillips, T., Hosking, J. S., Bracegirdle, T.J., Marshall, G.J., Mulvaney, R., Deb, P. 2016. Absence of 21st century warming on Antarctic Peninsula consistent with natural variability. *Nature*, 535(7612), 411.
- Yanalak, M. 2005. Computing pit excavation volume. *Journal of surveying engineering*, 131(1), 15-19.

RESULTS OF MONITORING OF GLACIER FRONTAL PARTS ON GALINDEZ AND WINTER ISLANDS IN 2018-2019

Marusazh K., Hlotov V.

Department of photogrammetry and geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 6 Karpinskogo street, Lviv, 79013, Ukraine, E-mail: Khrystyna.i.Marusazh@lpnu.ua

We present an analysis of climate variability and glaciological changes of the Antarctic Peninsula and the results of glacier monitoring on Galindez Island and Winter Island (the Argentine Islands in the Wilhelm Archipelago, Antarctic Peninsula) in 2018-2019. The main objective of our research was to determine how the volumes of glaciers changed in 2018-2019 in the course of a complex study. The technique included complementary processing of scanning data and digital photography of 2018, and digital photography and aerial survey of 2019. As a result changes in the volumes of glaciers were calculated: 36000 m³ for the western part of the glacier on Galindez, 1100 m³ for the southern part of the glacier on Galindez, and 9800 m³ for the southern part of the glacier on Winter Island.

Keywords –glacier, terrestrial laser scanning, stereophotogrammetry.

УДК 528.46:711.14

ВИКОРИСТАННЯ БПЛА З МЕТОЮ ВИБОРУ ТЕСТОВИХ ДІЛЯНОК ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЬОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ХВОЙНИХ ЛІСІВ

Бурштинська Х., Петрик Ю., Декалюк Я.

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail:
bursht@polynet.lviv.ua

Значною проблемою сучасного стану хвойних лісів є їх засихання. Лісівники виділяють декілька стадій засихання хвойних дерев: здорова рослинність, засихання на 10-30%, на 30-60%, на 60-90%, суха рослинність. Використання даних ДЗЗ, як і технологія їх опрацювання до цього часу повністю не вирішені. В матеріалах конференції подано технологію використання БПЛА для вибору тестових ділянок з різним ступенем засихання хвойних дерев, що дає можливість проводити вибір сигнатур для здійснення контрольованої класифікації, а також для оцінки точності результатів.

Ключові слова – моніторинг лісів; завіркова інформація; сигнатури; аерознімання; БПЛА.

Вступ

Стале управління лісовими ресурсами вимагає наявності регулярної, об'єктивної та своєчасної інформації щодо стану лісових масивів та прогнозу їх подальшого розвитку. Така інформація може бути одержана шляхом моніторингу лісів. Моніторинг лісів є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища. [Державне агентство лісових ресурсів України, 2019]

В останні десятиліття у лісовому господарстві все частіше використовують методи дистанційного зондування для отримання важливої інформації для сталого управління лісовими ресурсами.

Поєднання космічного знімання із аерозніманням з БПЛА дозволяє ефективніше проводити регулярний моніторинг стану природних ресурсів та контролювати їх використання.

БПЛА все ширше застосовують для цивільних задач, зокрема для точного землеробства, лісового господарства, метеорології, моніторингу біорізноманіття та багато інших задач [Глотов, Гуніна, 2014; Алієв, 2018; Прядка, 2018].

Про використання БПЛА для вирішення спеціалізованих прикладних питань лісового господарства та землевпорядкування лісових територій йдеться у зарубіжних наукових працях, зокрема у [Tiberiu, 2016; Shahbazi et al., 2014].

Мета

Мета роботи пов'язана з визначенням тестових ділянок для дослідження стану хвойних лісів, проведенні контрольованої класифікації на знімку, отриманому із знімальної системи супутника GeoEye-1, за методом максимальної вірогідності та аналізом результатів.

Методика

Важливою складовою картографування лісів є процедура класифікації, а точність класифікації безпосередньо залежить від якості сигнатур, що створюються на основі завіркової інформації.

Для створення сигнатур на місцевості обирають тестові ділянки. Ефективним методом для збору завіркової інформації є знімання з БПЛА, яке завдяки великому масштабу та збільшеній розрізненості дозволить ефективно ідентифікувати ділянки із здоровою та пошкодженою хвойною рослинністю.

Знімання з безпілотного літального апарата включає розрахунок параметрів знімання, прокладання маршрутів та безпосередньо знімання.

Технологія робіт із визначення ділянок із засиханням хвойних дерев базується на проведенні контрольованої класифікації за методом максимальної вірогідності на основі отриманої завіркової інформації.

Результати

Дослідження проводились на території Тухлянського лісництва, розташованого у Сколівському районі Львівської області. Загальна площа лісництва – 4 888 га. Для

збору завіркової інформації обрано дві тестові ділянки. Межі лісництва із вибраними ділянками, на яких заплановано збір завіркової інформації, наведено на рис. 1.

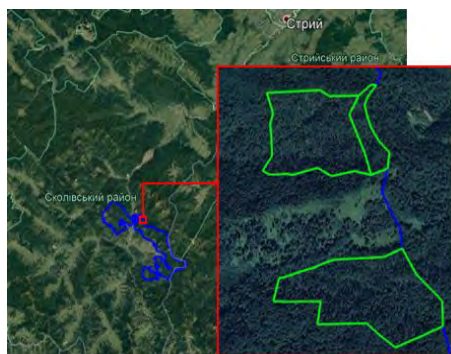


Рис. 1. Межі Тухлянського лісництва із вибраними ділянками для збору завіркової інформації

Межі лісництва позначено синім кольором, вибрані ділянки для збору завіркової інформації – зеленим.

В результаті польового обстеження проведено аналіз стану хвойних дерев на тестових ділянках. Зібрано такі дані: загальна характеристика полігону, види дерев, частота виду (%), середня висота дерева (м), середня товщина стовбура (м) та середня відстань між деревами (м). На ділянках виявлено як пошкоджені дерева, так і повністю засохлі. [Денис і ін., 2018]

Площа першої ділянки – 15 га, другої – 11 га. Обрані ділянки розташовані на різних висотах: перша – 800-900 м, друга – 850-1030 м.

Для аерофотознімання тестових ділянок використано БПЛА Trimble UX5 HP із встановленою камерою Sony 7R. Загальний вигляд БПЛА Trimble UX5 HP подано на рис.2, основні технічні характеристики наведено у табл. 1.



Рис. 2. БПЛА Trimble UX5 HP

Таблиця 1

Основні технічні характеристики БПЛА Trimble UX5 HP

Злітна маса, кг	2,9
Крейсерська швидкість польоту, км/год	85
Робоча висота польоту, м	75-750
Максимальна висота польоту, м	5000
Максимальна дальність польоту, км	52
Максимальна дальність дистанційного керування і зв'язку з оператором, км	5
Діапазон робочих температур, ° C	-5...+35

Фокусна відстань камери Sony 7R – 35 мм. Висота знімання – 432 м для першої ділянки та 645 м – для другої. За параметрами знімання та характеристиками цифрової камери розраховано розрізнення для контрастних об'єктів на двох ділянках. Вони становлять 6 см для першої ділянки та 9 см – для другої. Така точність визначення планових координат поворотних точок ділянок з пошкодженою рослинністю дозволяє зробити висновок про можливість визначення площ тестових ділянок з високою точністю.

Спроектвану траєкторію польоту подано на рис. 3. На рис. 4 подано центри знімків та хмару точок, за якою створювався ортофотоплан.

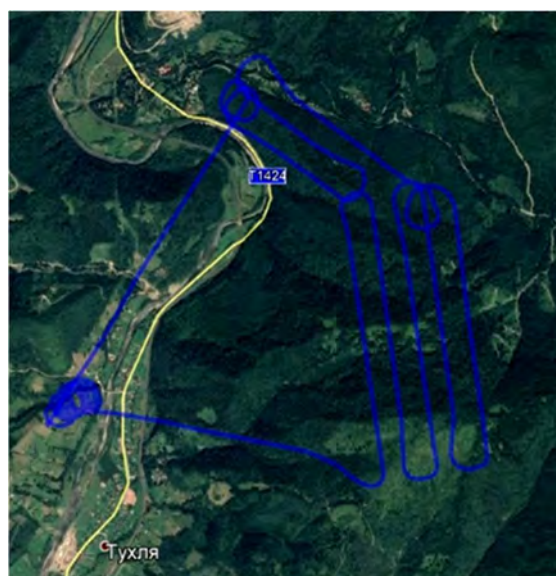


Рис. 3. Спроектована траєкторія польоту

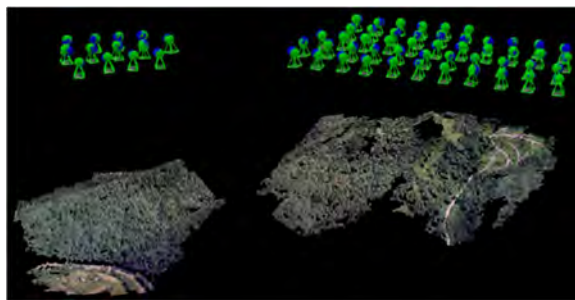


Рис. 4. Хмара точок та центри знімків для тестових ділянок

За результатами знімання створено ортофотоплан, фрагмент якого наведено на рис. 5. Отримані дані використовуються як завіркова інформація для подальших досліджень стану лісових насаджень.



Рис. 5. Фрагмент створеного ортофотоплану

На ортофотоплані можемо візуально розрізнити здорову, пошкоджену та суху рослинність (рис. 6).



Рис. 6. Хвойна рослинність на ортофотоплані: 1 – здорова; 2 – пошкоджена; 3 – суха

Для подальшого дослідження використано знімок із знімальної системи супутника GeoEye-1, отриманий у серпні 2011 р. (рис. 7).

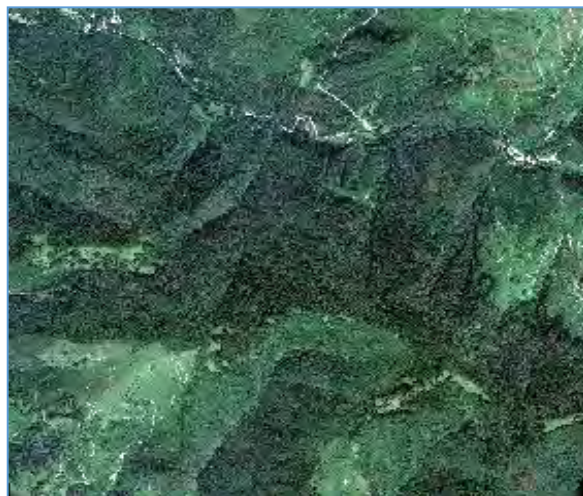


Рис. 7. Знімок, отриманий із знімальної системи супутника GeoEye-1

Супутник GeoEye-1 є космічним апаратом другого покоління зі значно розширеними можливостями для забезпечення високого маневрування та продуктивності знімання завдяки новим технологічним рішенням, запозиченим у сучасних військових супутників. Конструктивно космічний апарат GeoEye-1 включає телескоп, навколо якого розміщено блоки службових підсистем, а збоку встановлено панелі сонячних батарей. Основні технічні характеристики супутника GeoEye-1 наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Основні технічні характеристики супутника GeoEye-1

Країна, оператор	США, DigitalGlobe
Дата запуску	06.09.2008 р.
Орбіта	сонячно-синхронна
Висота орбіти, км	684
Нахил орбіти, град.	98,0
Період повторного знімання, доби	1-3
Вага, кг	1955

Оптико-електронна знімальна система супутника GeoEye-1 складається з телескопа і підсистеми сенсорів, якими забезпечує високе розрізнення. Камера дозволяє отримувати знімки з розрізненням 0,41 м в панхроматичному діапазоні і 1,65 м в синьому, зеленому, червоному і інфрачервоному діапазонах електромагнітного спектру. При цьому знімання може виконуватися і одно-

часно і окремо в панхроматичному і мультиспектральних діапазонах. Фокусна відстань камери – 13,3 м. Ключовими елементами в забезпеченні високої якості зображення є великий розмір головного дзеркала і задовільне відношення сигнал / шум оптико-електронного тракту. В підсистемі прийому зображення використано технологію тимчасової затримки накопичення сигналу (Time-Delay Integration – TDI) на багатолінійних ПЗС-структурах і 64 рівні тимчасового накопичення сигналів. Динамічний діапазон становить 11 біт, ширина смуги огляду становить 15,2 км. [Іннотер, 2018]

Для визначення площ ділянок із пошкодженою хвойною рослинністю виконано контрольовану класифікацію за методом максимальної вірогідності за синтезованим зображенням, отриманим із супутника GeoEye-1 [Бурштинська і ін., 2016; Burshtynska et al., 2014] для. Для синтезування використано канали NIR, Red, Green.

Класифікацію за методом максимальної вірогідності здійснено з використанням виразу (1):

$$D = \ln(a_m) - \left[0.5 \ln \left(\text{COV}_m \right) \right] - \left[0.5 (X - M_m)^T (\text{COV}_m^{-1}) (X - M_m) \right] \quad (1)$$

де D – вагова відстань (вірогідність); a_m – відсоток вірогідності належності класифікованого пікселя до класу m (дорівнює 1.0 або вводиться на основі апріорних даних); COV_m – коваріаційна матриця пікселів у сигнатурах класу m ; COV_m^{-1} – обернена матриця до COV_m ; T – знак транспонування матриці.

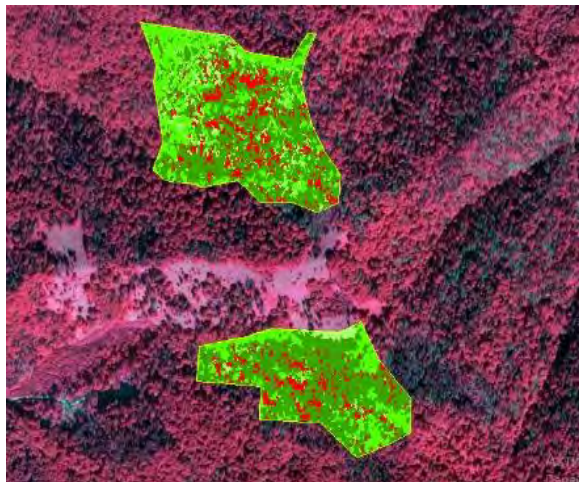


Рис. 8. Результат класифікації двох тестових ділянок

За результатами класифікації встановлено, що площа пошкодженої хвойної рослинності на двох тестових ділянках становить 2,4 га. Аналіз результатів вказує на достовірність, яка становить 76-96 % залежно від розмірів ділянки та ступені пошкодженості хвойних дерев. [Burshtynska et. al., 2019]

Висновки

1. Аерознімання з безпілотних літальних апаратів рекомендовано використовувати для вибору тестових ділянок, що дає можливість визначати з високою достовірністю площі засихання та встановлювати ступінь пошкодження хвойної рослинності.

2. Для визначення площ пошкодженої рослинності здійснено контрольовану класифікацію методом максимальної вірогідності за знімком, отриманим знімальною системою супутника GeoEye-1.

3. Встановлено що площа пошкодженої хвойної рослинності на двох тестових ділянках становить 2,4 га. Аналіз результатів вказує на достовірність 76-96 %

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Алієв К. (2018). Нові технології у лісі. *Лісовий Вісник*, №3-4. URL: <https://lisvisnyk.com.ua/>
- Бурштинська Х., Денис Ю., Мадяр Ю., Поліщук Б. (2016). Методика двоетапної класифікації лісів за космічними зображеннями високого розрізнення, *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, Вип. 1, с. 148-155.
- Глотов В., Гуніна А. (2014). Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, № 2, с. 65-70.
- Денис Ю., Паштетник О., Поліщук Б. (2018). Моніторинг засихання хвойних лісів з використанням космічних знімків (на прикладі Тухлянського лісництва). *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «GeoTerrace-2018»*, с. 182-183.
- Козка О. (2019). Лісовий моніторинг в Україні та ЄС. URL: <https://ekoinform.com.ua/?p=4991>
- Офіційний сайт компанії Іннотер. URL: <https://innoter.com/sputniki/geoeeye-1/>

Офіційний сайт Державного агентства лісових ресурсів України. URL: <http://dklg.kmu.gov.ua>

Прядка К. (2018). Особливості використання даних аерофотознімання у процесах збирання відомостей про землі лісгосподарського призначення. *Біоресурси і природокористування*, Том 10, № 5–6, с. 223–228.

Burshtynska Kh., Petryk Yu., Polishchuk B., Shylo Ye. (2019). Monitoring of coniferous forest drying in Precarpathian region using remote sensing data. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, Vol. 90, pp. 29-40.

Burshtynska K., Polishchuk B. and Madyar J. (2014). The definition of the area of felling forests by high resolution satellite images. *GLL*, No.3, pp. 43-54.

Mozhdeh Shahbazi, Jérôme Théau & Patrick Ménard (2014). Recent applications of unmanned aerial imagery in natural resource management. *GIScience & Remote Sensing*, 51:4, pp. 339-365.

Tiberiu P. B. (2016). The Use of Drones in Forestry. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 5, pp. 557-562.

USE OF UAVS WITH THE PURPOSE OF SELECTION OF TEST SITES FOR CONDUCTING CONTROLLED CLASSIFICATION OF CONIFEROUS FORESTS

Burshtynska Kh., Petryk Y., Dekaliuk Y.

Department of photogrammetry and geoinformatic, Lviv Polytechnic National University, S. Bandera street 12, Lviv, Ukraine, 79013, E-mail: bursht@polynet.lviv.ua

A significant problem of the current state of coniferous forests is their drying. Foresters distinguish several stages of coniferous trees drying: healthy vegetation, drying about 10-30%, 30-60%, 60-90%, dry vegetation. The use of remote sensing data, as well as their processing technology, have not yet been fully resolved. The conference materials presented the technology of using UAVs for the selection of test sites with different degrees of coniferous trees drying, which makes it possible to select signatures for controlled classification, as well as for evaluating the accuracy of the results.

Keywords – forest monitoring; verification information; signatures; aerial surveying; UAV.

УДК 528.4

ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК МЕЖОВИХ ЗНАКІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Тревого¹ І., Ільків² Є., Галярник² М.,
Семків² Б.

1*. Кафедра геодезії, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

2*. Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна, e-mail: evgen_ilkiv@ukr.net

Мета – дослідження змін у системі функціонування межових знаків внаслідок впливу історичних факторів на основі аналізу архівних джерел, наукових праць та нормативно-правової бази функціонування межових знаків. **Методика.** Для реалізації поставленої мети були використані методи: періодизації, історично-порівняльний та історико-системний. Застосування цих методів дозволяє встановити правову, технологічну, інформаційно-описову подібність та відмінність окремого межового знаку, а також неупорядкованої системи межових знаків. Ця система потребує дослідження та вивчення, а також системного підходу для дослідження окремого межового знака як об’єкта, який складається з певної кількості деталей, елементів та їх зв’язків і відношень між ними. **Результатом** цієї роботи є виявлення недоліків як системи межових знаків, так і окремих знаків. Все це дозволяє розробити пропозиції щодо вдосконалення функціонування межових знаків на місцевості. **Наукова новизна та практична значущість.** Результати необхідні для подальшої структуризації та систематизації різноманітних науково-практичних досліджень і виробничої інформації про межові знаки, які використовують у землеустрої, зокрема, при закріпленні меж на місцевості.

Ключові слова: історичні фактори, види, межові знаки.

Мета

Метою роботи є дослідження змін у системі функціонування межових знаків внаслідок впливу історичних факторів на основі аналізу архівних джерел, наукових праць та нормативно-правової бази функціонування межових знаків.

Методика

Для реалізації поставленої мети було використано такі різновиди методів історичного аналізу системи межових знаків, зокрема, методи періодизації, історично-порівняльний метод та історико-системний методи. Застосування

даних методів історичного аналізу дозволяє встановити правову, технологічну, інформаційно-описову схожість та відмінність окремого межового знаку і неупорядкованої системи межових знаків, яка підлягає дослідженню та вивченню, а також використання системного підходу для дослідження окремого межового знака, як об’єкта системи, який складається з певної кількості деталей, елементів та їх зв’язків, відношень між ними. Ця робота включає дослідження архівних даних, наукових праць у контексті вивчення всіх аспектів функціонування системи межових на території України протягом тривалого часу.

Результати

Вибір конструкцій (типів) межових знаків представлений у нормативних документах [Основні положення про конструкції межових знаків. (Рішення Держкомзему і Укргеодезкартографії, 1993 р.; Про затвердження Змін до Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками. Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2013 р.; Про затвердження Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками. Держкомзем, 2010]. Питання динаміки змін у конструкціях межових знаків у залежності від певного історичного періоду наведено у праці [Колганова, 2011]. Огляд та аналіз сучасних конструкцій межових знаків, які представлені у патентах з погляду закріплення їх на місцевості представлені у праці [Ільків, Галярник, Збіглей, 2019].

Для доісторичного етапу (кам’яна доба та початок доби металів) характерні умовні або рухомі межові знаки [Ільків, Галярник, Дутчин, 2014].

Межові знаки давньої історії України представлені рухомими і нерухомими знаками. Нерухомі знаки фіксували межі володінь зарубками на деревах. Матеріалом для межових знаків слугували природні матеріали – дерево або камінь [Ільків, Галярник, Дутчин, 2014]. Наявність римських поселень таких як Ольвія, Тіра, Херсонес на території нашої держави в середині I ст., що входили до складу римської провінції, передбачала застосування на вказаних

поселеннях межових знаків Римської імперії. Тогочасні межові знаки оберігали законами і наказами правителів та освячували. При закладці знаків виконували релігійні обряди, жертвоприношення [Тетерин, 2007].

У середні віки проходить подальший розвиток всіх складових системи межових знаків. Рухомі межові знаки поступово втрачають суспільне значення, хоча у малонаселених землях нашої держави їх ще використовували [Ільків, Галярник, Дутчин, 2014].

Головним символом, що фіксував земельну власність князя в Київській Русі були знамення, порушення якого загрожувало покаранням. «А ожо кто борт раззнаменует, то 12 гривен продажи», – наголошує стаття 73 «Руської Правди» [Руська правда, 1935].

«Руська Правда», перелічуючи різних князівських слуг, згадує тівуна сільського або ратайного, що наглядав за земельним господарством, цей ратайний тівун і провадив прості операції для кадастрування земельних ділянок [Руська Правда, 1935].

Спеціальним судово-адміністративним органом у Великому князівстві Литовському, який розглядав тяжби щодо меж земельних володінь феодалів і встановлював конструкції межових знаків, був підкоморський суд [Статути Великого князівства Литовського, 2003]. Межові знаки були насипними або вкопаними кіпцями, відстань між знаками не більше 49,125 м [Шевчук, 2019].

Встановлювали обов'язок для власника – огорожувати певні види земельних угідь (насамперед, подвір'я і городи), при невиконанні якого власника позбавляли права на відшкодування збитків, заподіяних потравом посівів худобою [Статути Великого князівства Литовського, 2004].

Первинними адміністративними одиницями у Молдавському князівстві були села. Селом називали територію сільської громади, що мала точно визначені межі (хотарі). Хотарі позначали спеціальними межовими знаками [Молдавия в епоху феодализма, 1961]. Конфлікти відносно межових знаків також були характерні і для Молдавського князівства. У грамотах 1611 р. про село Гвіздівці згадують покарання жителів села за переміщення межових знаків і опір відібрати 50 биків [Никифорак, 2005].

Перші згадки про лісові межові знаки та покарання за їх знищення знаходимо в «Указе от 14 марта 1720 г. «О межевании заповедных лесов ... – отмерить от берегов указанные

версты, учинить межу и признаки, накопать ямы, поставить верстовые столбы, прочистить дороги, шириной 3 сажени и для страха на поставит виселицы...» [Арнольд, 1895].

У козацькі часи відомі так звані «роблені могили», які зводили як межові знаки на кордоні, та спостережні пункти так звані бекети [Плецький, 1999].

Генеральне межування 1765 р. полягало в реєстрації казенних та інших земельних володінь. Конструкції межових знаків при проведенні генерального межування регламентували документом «Положение о межевых знаках, устанавливаемых при Генеральном межевании от 13.02.1766 г.» [Межевое законодательство, 1915].

3 1 січня 1835 р. вступив у дію збірник межових законів, де в четвертому розділі другої книги, в главі II описано процедуру закладки межових знаків, про порядок збереження та відновлення межових знаків та наведені види покарань за псування межових знаків [Межевое законодательство, 1915].

На землях Австро-Угорської імперії після прийняття Йосифінського кадастру [Йосифінська і Францисканська метрики, 11] введений у дію патент від 12 квітня 1785 р. До нього була додана «Інструкцію для земельних властей, мандатаріїв або їх заступників і урядників, а також для громад про те, що вони мають робити при наступному переписі, обмірі і фаціюванні або зізнанні ґрунтів».

Столипінська земельна реформа [Поліщук, 2011] передбачала закріплення меж знаками державного межування.

В УРСР було ухвалено зразковий статут сільгоспартілі [Примерный устав, 1935], який знищив всі межові знаки. У пізнішій постанові «О выдаче сельскохозяйственным артелям государственных актов на бессрочное (вечное) пользование земель» [Постановление «О выдаче сельскохозяйственным артелям государственных актов на бессрочное (вечное) пользование земель», 1935] вказані типи конструкцій межових знаків (стовпів).

У СРСР межові знаки – це спеціально виготовлені й закріплені на місцевості стовпи, що фіксують зовнішні межі землекористування. Межові знаки – недоторканні. Їх передавали за актом на зберігання керівникові організації-землекористувача [Сельскохозяйственный энциклопедический словарь, 1989].

Відповідно до документа [Інструкція з внутрішньогосподарського землеустрою колгоспів, радгоспів та інших державних сільськогосподарських підприємств Української РСР, 1975]

закріплення границь полів, сівозмін виконували дерев'яними або бетонними межовими знаками.

Висновки та пропозиції

Отже, виконаний ретроструктурний та історичний аналіз впливу історичних періодів нашої держави на функціонування межових знаків показав, що за тривалий час відбулася трансформація в системі функціонування межових знаків.

1) У законодавчо-правовій сфері – слід виділити суттєве пом'якшення покарань за двохтисячну історію: від створення ореолу божественності, недоторканості, великих штрафів, кримінальної відповідальності до адміністративної відповідальності за знищення межових знаків, а саме накладення штрафу від п'яти до десяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

2) У технологічній складовій – встановлено, що забезпечення функціонування мережі, яке регламентовано нормативними документами, зокрема: геометричне розташування межових знаків відносно до поверхні ґрунту, не змінилося. Матеріали виготовлення межових знаків майже залишилися без змін.

3) У географічній та інформаційній складовій – замість назв та імен межові знаки одержують номери та метричну інформацію. Збереження інформації про закладку межових знаків і надалі виконується на локальному та регіональному рівнях.

4) Юридичне забезпечення функціонування знаків на місцевості виникло за часів незалежності України у зв'язку з розширенням приватної власності та із застосуванням сучасних геодезичних вимірювальних технологій з метою забезпечення безперешкодного доступу до знаків для вимірювань.

5) Питання функціонування межових знаків в Україні надалі є відкритим і суттєво залежить від суспільно-політичних та економічних процесів у державі, а також потребує нових технічних рішень.

Є оптимістична надія, що в новому законі про топографо-геодезичну та картографічну діяльність буде надано значно більше уваги питанням охорони та збереження межових знаків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Арнольд Ф. К. История лесоводства в России, Франции и Германии / Ф. К. Арнольд. – СПб. : Изд. А. Ф. Маркса, 1895. – 405 с.
Вакулук П. Г. Нариси з історії лісів України / П. Г. Вакулук. – Фастів : Поліграфіст, 2000. – 625 с.
Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005. – 1728 с. ISBN 966–569–013–2

Ільків Є. Ю. Межові знаки України / Є. Ю. Ільків, М. В. Галярник, С. М. Збіглей // Проблеми та практичні питання щодо виконання робіт із землеустрою: Збірник наукових праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції (Херсон, 17 жовтня 2019 року). – Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. – С.28–32. – ISBN 978–966–97932–2–5.

Ільків Є. Ю. Охоронна зона та сервітут межового знака України / Є. Ю. Ільків, М. В. Галярник, С. М. Збіглей // Проблеми та практичні питання щодо виконання робіт із землеустрою: Збірник наукових праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції (Херсон, 17 жовтня 2019 року). – Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. – С.10–14. – ISBN 978–966–97932–2–5.

Інструкція з внутрішньогосподарського землеустрою колгоспів, радгоспів та інших державних сільськогосподарських підприємств Української РСР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0001400–75>

Йосифінська (1785–1788) і Францисканська (1819 – 1820) метрики: перші поземельні кадастри Галичини, покажчик населених пунктів / Відп. ред. Я. Захарчишина; Укладачі: Я. Пироженко, В. Сіверська. Архівне управління при Раді міністрів Української РСР; Центральний державний історичний архів УРСР у Львові. – К., 1965. – 356 с.

Колганова І. Г. Межові знаки: Історія і сьогодення. Всеукраїнський науково-виробничий журнал. Інноваційна економіка. – 7'2011 – № 26. – С. 291 – 294.

Кордони Війська Запорозького та діяльність російсько-турецької межової комісії 1705р. (за документами РДАДА)/ Упорядник В. Мільчев. – Запоріжжя: В-тво ВАТ «МоторСіч », 2004. – 80 с.

Межевое законодательство и деятельность межевой части в России за 150 лет. 19 сентября 1765 г. – 1915 г. / Рудин С. Д. – Петроград: Тип. В. Ф. Киршбаума, 1915. – 559 с.

Молдавия в эпоху феодализма. – Том I: Славяно-молдавские грамоты (XV в. – первая четверть XVII в.) / Сост.: П. Г. Дмитриев, Д. М. Драгнев, Е. М. Русев, П. В. Советов. / Под ред. Л. В. Черепнина. – Кишинев: «Штиинца», Академии наук Молдавской ССР, 1961. – С. 277 – 278.

Никифорак М. В. Буковина у складі Молдавського князівства: історико-правові аспекти. Науковий вісник Чернівецького ун-ту: Збірник наук. праць. Вип.306: Правознавство. – Чернівці: Рута, 2005. – С. 5 – 9.

Основні положення про конструкції межових знаків. (Рішення Держкомзему і Укргеодезкартографії від 30.03.93 р. № 309/1).

- Плецький С. Ф. Становлення прикордонної служби Запорізького козацтва. – Наукові праці історичного факультету Запорізького університету, 1999 р., Т. 5. С. 70–72.
- Поліщук Ю. Столипін П. А. // Політична енциклопедія. Редкол.: Ю. Левенець (голова), Ю. Шаповал (заст. голови) та ін. – К.: Парламентське вид-цтво, 2011. – с. 689. – ISBN 978–966–611–818–2
- Постановление СНК СССР от 07.07.1935 № 1385 «О выдаче сельскохозяйственным артелям государственных актов на бессрочное (вечное) пользование земель» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=9027#08938953932841285>
- Примерный устав сельскохозяйственной артели» (утв. СНК СССР, ЦК ВКП(б) 17.02.1935 Дата создания: 17.02.1935. Источник: «СЗ СССР», 1935, № 11, ст. 82, «Известия ЦИК СССР и ВЦИК», № 44, 18.02.1935) [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://ru.wikisource.org/wiki/>
- Про затвердження Змін до Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межами знаками. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Наказ 03.07.2013 м. Київ № 405. Зареєстрований в Міністерстві юстиції України 26 липня 2013 р. за № 1262/23794 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE23794.html.
- Про затвердження Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межами знаками. Держкомзем. Наказ від 18.05.2010 № 376. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0391-10>.
- Руська правда (тексти на основі 7 списків та 5 редакцій) / Під ред. проф. Серафима Юшкова. – Київ: Видавництво НАН України. 1935.
- Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / Гл. ред. В. К. Месяц. – М.: Сов. Энциклопедия, 1989. – 656 с.
- Словник староукраїнської мови XIV – XV ст. : У 2 т. / Укл.: Д. Г. Гринчишин, У. Я. Єдлінська, В. Л. Карпова, І. М. Керницький, Л. М. Полюга, Р. Й. Керста, М. Л. Худаш. – К.: Наукова думка, 1977 – 1978. – Т. 1 – 2.
- Словник античної міфології. – К.: Наукова думка, 1985. – 236 с.
- Статути Великого князівства Литовського: У 3-х т. – Т. 2. Статут Великого Князівства Литовського 1566 року / За ред. С. Ківалова, П. Музиченка, А. Панькова. – Одеса: Юридична література, 2003. – 560 с., 2 арк. кольор. іл. ISBN 966–8104–41–2.
- Статути Великого князівства Литовського: У 3 т. – Том III. Статут Великого князівства Литовського 1588 року: У 2 кн. – Кн. 2 / За ред. С. Ківалова, П. Музиченка, А. Панькова. – Одеса: Юридична література, 2004. – 568 с., 2 арк. кольор. іл. ISBN 966–8104–79–X.
- Тетерин Г. Н. История межевания, землеустройства и земельного кадастра: монография / Г. Н. Тетерин. – Новосибирск: СГГА, 2007. – 93 с. – ISBN Б.230–11715–ч.
- Шевчук А. В. Юрисдикція підкоморських судів правобережної України (1797–1832) та їх соціальне значення / А. В. Шевчук // Вчені записки Таврійського ун-ту імені В. І. Вернадського. Серія : Історичні науки. – 2019. – Т. 30(69), – № 2. – С. 99–110.

HISTORICAL DEVELOPMENT OF BORDER SIGNS IN THE TERRITORY OF UKRAINE

Trevogo¹ I., Ilkiv² Y., Halyarnyk² M., Semkiv² B.

1*. Department of Geodesy, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandera str., Lviv, Ukraine, 79013

2*. Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15, Carpathian str., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, e-mail: evgen_ilkiv@ukr.net

The purpose is to investigate changes in the system of border signs functioning due to the influence of historical factors on the basis of the analysis of archival sources, scientific works and the normative-legal base of border signs functioning. **Method.** To achieve this goal, the following methods were used: periodization, historical comparative and historical-systemic. The application of these methods allows to establish the legal, technological, informational and descriptive similarity and difference of an individual boundary mark, as well as an unordered system of boundary marks. This system requires research and study, as well as a systematic approach to investigate a single landmark as an object consisting of a certain number of details, elements and their relationships and relationships between them. **The result** of this work is to identify the shortcomings of both the borderline system and the individual signs. **Scientific novelty and practical significance.** The results are necessary for further structuring and systematization of various scientific-practical researches and production information on boundary marks used in land management, in particular, when fixing boundaries on terrain.

Keywords: historical factors, species, boundary marks.

УДК 528.4:332

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ЗЕМЛЕВПОРЯДНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ничвид М.

Кафедра землевпорядкування та кадастру,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
вул. Університетська, 14, Ужгород, Україна, 88000,
E-mail: mariya.nychvyd@uzhnu.edu.ua

В статті розглянуто основні проблеми та гальмівні чинники, що супроводжують розроблення землевпорядної документації щодо формування земель лісового фонду. Показано, що діюча система використання земель лісового господарства недостатньо ефективна через відсутність своєчасної та вичерпної інформації, що є основою для управління земельними ресурсами, в тому числі лісовим фондом. Зроблено висновок, що завдання можна вирішити лише при комплексному поєднанні землеустрою, державного земельного кадастру, матеріалів інвентаризації лісів та результатів моніторингу лісів.

Ключові слова: землевпорядна документація; земельна ділянка; лісовий кадастр; державний земельний кадастр; інвентаризація лісів.

Постановка проблеми

В Україні в процесі державного управління існує більше десяти кадастрів. Законодавство передбачає інформаційну взаємодію між кожним із них, проте, на сучасному етапі дану функцію неможливо повністю реалізувати. Основним джерелом відомостей для інших інформаційних систем, зокрема для Державного лісового кадастру, виступає Державний земельний кадастр, який містить ключову інформацію про просторове розміщення об'єкта, форму власності, суміжні земельні ділянки та ін. Висока вартість землевпорядних робіт, розбіжність картографічних та лісовпорядних матеріалів та інші чинники призупиняють процес наповнення останнього даними про земельні ділянки лісогосподарського призначення.

Згідно статистичних даних Державного агентства лісових ресурсів, площа земель лісового фонду становить 10,4 млн. га, з них близько 50 % внесені до Державного земельного кадастру, відомості про інші 50 % відсутні. Внаслідок чого, лівова частка земель лісового фонду являється об'єктом маніпуляцій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Нові супутникові технології внесли революційні зміни в кадастрову наземну інформаційну систему. Дані дистанційного зондування високої роздільної здатності показують високий рівень деталізації та можуть використовуватись як база для створення кадастрової карти. Поєднання ГІС та GPS відіграє вирішальну роль у розробці обстеження лісових прикордонних пунктів та складанні лісових карт [Vogiatzis, 2014]. Лісова інформаційна система представляє точну картину географічного положення лісових земель та їх меж, забезпечує відповідні, достовірні, точні та актуальні просторові лісові дані [Kumar, 2014].

У дослідженні [Hong, 2016] для підвищення ефективності виділення меж лісової зони запропонований комплексний метод поєднання БПЛА та даних ГІС, який широко використовується для просторового аналізу в області просторової інформації.

З метою удосконалення інформаційного забезпечення для розвитку біоекономіки шляхом посилення потенціалу Національної інвентаризації лісів та прогнозування динаміки лісових ресурсів у країнах Європи Україна бере участь у міжнародних програмах, зокрема у програмі Європейського Союзу «Горизонт 2020». В рамках програми проекту DIABOLO (березень 2015 – лютий 2019 рр.) значна увага приділена удосконаленню методів багатоцільової інвентаризації лісових ресурсів та застосуванню передових технологій дистанційного зондування Землі, у тому числі – для оперативної ідентифікації та моніторингу порушень стану лісів. В посібнику [Чернявський та ін., 2006] висвітлено детальні теоретичні засади та практичний досвід наближеного до природи та функціонального ведення лісового господарства. Посібник є результатом спільної інтелектуальної роботи українських та словацьких лісівників.

У праці [Чернявський та ін., 2008] піднімається тема використання геоінформаційних технологій у лісовому господарстві. Геопросторові дані дають змогу ідентифікувати географічне місце розташування і властивості природних та штучно створених об'єктів, а також їх меж на поверхні Землі. Основною перевагою використання новітніх методів є підтримання в актуальному вигляді інформації про стан лісового фонду.

Мета

Проаналізувати основні проблеми управління землями лісогосподарського призначення на прикладі Закарпатської області та

дослідити основні гальмівні чинники внесення земель лісового фонду до Державного земельного кадастру.

Виклад основного матеріалу дослідження

В Україні роботи з «лісового кадастру» та «земельного кадастру» виконуються різними установами та з використанням різних технічних стандартів (виготовлення карт).

Відповідно до ЗКУ [Земельний кодекс України, 2001] формування земельної ділянки передбачає визначення її площі, меж та внесення інформації про неї до Державного земельного кадастру. Ця інформація представляється на кадастрових планах та проектах, за якими здійснюється організація і встановлення меж територій лісогосподарського призначення.

Лісовий кадастр ведеться Держліс-агентством. Формування та надання лісової ділянки в постійне користування здійснюється за матеріалами лісовпорядкування, інвентаризації, обстежень та обліку лісів окремо по власниках лісів і постійних лісокористувачах. При цьому здійснюється підготовка проектної документації про місцезнаходження, межі, площі та інші кількісні та якісні характеристики лісових ділянок [Лісовий кодекс України, 1994].

Технологічно процедура внесення до державного земельного кадастру відомостей про лісові ділянки ідентична процедурі обліку будь-якої іншої категорії земель: необхідно визначити межі лісової ділянки відповідно до земельного законодавства і розробити необхідну землевпорядну документацію [Ничвид, 2018]. До періоду виготовлення землевпорядної документації межі лісових ділянок відображені тільки в картографічних матеріалах, які базуються на матеріалах лісовпорядкування, згідно пункту 5 розділу VIII “Прикінцеві положення” Лісового кодексу України, які часто проводяться в терміни, що перевищують нормативи поновлення та уточнення таких матеріалів без урахування відомостей землеустрою.

Останній державний облік лісів в Україні відбувся в 2010 році, і відтоді його не проводили, тобто лісогосподарські підприємства використовують планово-картографічні матеріали лісовпорядкування та таксаційні описи земельних ділянок лісового фонду 2005-2011 рр. Через неналежний стан оформлення постійними лісокористувачами прав на земельні ділянки з 2011 року за рішеннями судів постійні лісокористувачі були позбавлені майже 7 тис. га лісгосподарських земель [Рахункова палата, 2020]. Для проведення землевпорядних робіт та розроблення необхідної документації пот-

рібні чималі фінансові кошти, тому лісгосподарські підприємства не зацікавлені у реєстрації земельних ділянок.

Однак, матеріали лісовпорядкування не прив'язані до системи координат, в якій ведеться державний земельний кадастр, що призвело до зміщення розташування меж ділянок і наявної невідповідності меж земель лісового фонду за матеріалами лісовпорядкування та відомостями земельного кадастру.

Крім того, в матеріалах лісовпорядкування не враховано адміністративно-територіальний устрій та кадастрове зонування. Як наслідок, лісова земельна ділянка повністю або частково може бути розташована в межах (або за межами) населеного пункту або в двох (і більше) кадастрових кварталах. На землях лісового фонду в силу об'єктивних причин розташовується чимала кількість лінійних об'єктів (ліній електропередач, магістральних трубопроводів), що також не враховано в лісовпорядкуванні. Не узгоджені відомості лісового та водного кадастрів. Все це призводить до дублювання інформації про лісові ділянки.

Наприклад, на рис. 1а представлена земельна ділянка, що знаходиться у 14 лісовому кварталі і обліковується з площею 38,0 га, за даними державного акту та результатами кадастрового знімання площа ділянки склала 37,0000 га (рис. 1б).



Рис.1а Викопіювання з матеріалів лісовпорядкування 2011 р.

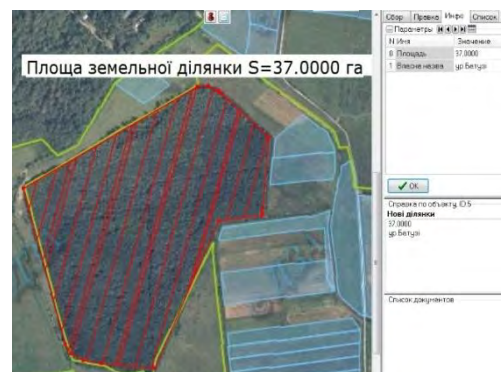


Рис.1б Викопіювання з кадастрової карти за результатами польових вимірювань [Технічна документація, 2019]

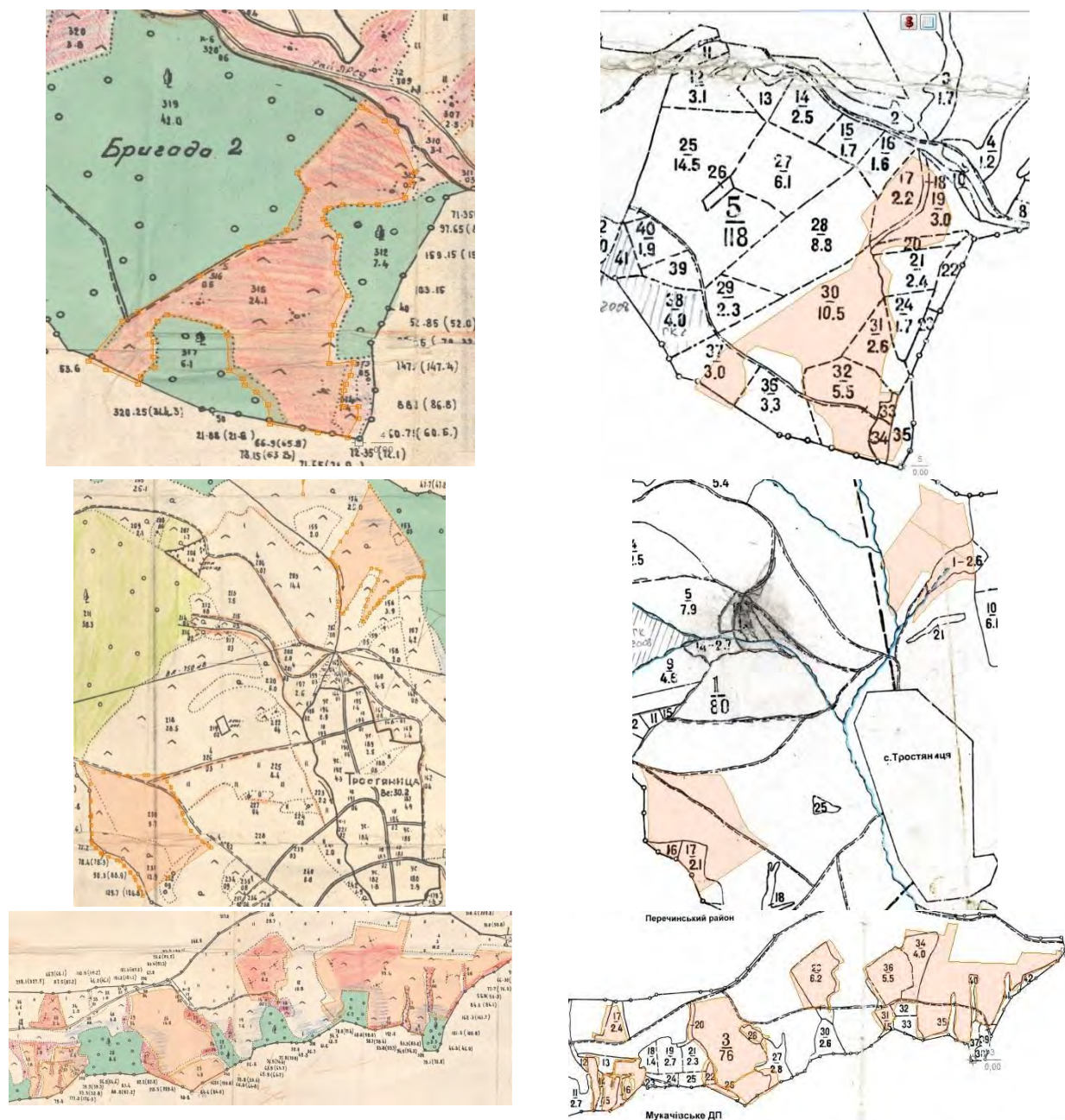


Рис. 2 Пайові землі на плані інвентаризації земель лісового фонду 2001 р. (зліва) та на матеріалах лісовпорядкування 2005 р. (справа) [Технічна документація, 2019]

Також під час виготовлення матеріалів лісовпорядкування не було враховано дані земельного кадастру щодо сільськогосподарських земель (пайів). Це відображено на рис. 2, де оранжевим кольором відображено пайові землі на матеріалах лісовпорядкування та на плані інвентаризації земель лісового фонду відповідно.

Однак, кадастрові дані теж не позбавлені всіх цих недоліків. Частина забудови 80-их та пізніших років ввійшла до деяких державних актів, які посвідчують право постійного користування землею для ведення лісового та мисливського господарств 1995-1997 рр, що призводить до трудно-

щів при передачі земельних ділянок громадянам у власність, особливо для будівництва та обслуговування житлового будинку, господарських будівель та споруд.

Вкрай важливо, щоб кадастрові роботи проводилися з використанням сучасних технологій з метою визначення чітких меж лісових ділянок. У наші дні необхідно, щоб зусилля в цьому напрямку були спрямовані на інформаційні та географічні інформаційні системи.

Поєднання всіх картографічних матеріалів різної точності і достовірності дає можливість

аналізувати і уточнювати місцезнаходження меж. Але з повною упевненістю можна робити це тільки при проведенні польових вимірювань. Тому, геодезичні відомості про межі раніше встановлених земельних ділянок стають лише основою для складання планів лісових ділянок.

Необхідною умовою збереження і розвитку лісових багатств в глобальному масштабі на всій території країни і на рівні міста/села є забезпечення охорони меж лісів. Такий захист має бути забезпечений шляхом використання відповідного маркування на землі та розроблення необхідних документів. Стійкість охорони лісу може бути реалізована тільки в тому випадку, якщо такі документи складаються відповідно до вимог кадастрового знімання.

Висновки

Базовою основою проведення лісовпорядних робіт є розроблення землепорядної документації щодо формування територій земель лісогосподарського призначення. Під час розроблення землепорядної документації земель лісогосподарського призначення були виявлені наступні проблеми:

- розташування меж земель лісового фонду за даними лісового кадастру (матеріалами лісовпорядкування) не узгоджені з відомостями державного земельного кадастру;

- існує невідповідність площ земель лісового фонду за даними лісового кадастру (матеріалами лісовпорядкування), відомостями ДЗК і площ полігонів;

- незавершене формування автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру.

Для уникнення типових помилок необхідно:

- привести до єдиної системи лісовий та земельний кадастри для забезпечення можливості накладання, зіставлення і доповнення топологічних і атрибутивних даних;

- провести інвентаризацію земель лісового фонду, яка передбачає актуалізацію лісових карт, вдосконалення нормативно-правової бази в області обліку земель лісового фонду

- забезпечити реєстрацію права власності на землі лісового фонду;

- однозначно визначити розташування меж (земельних) ділянок лісового фонду;

- створити основи для подальшого надання лісових ділянок під різні види користування, а також залучення лісових ділянок в економічні відносини.

Наприкінці 2019 р. аерогеодезичним підприємством було проведено аерофотознімання земель лісового фонду у Закарпатській області з метою виготовлення ортофотопланів масштабу 1:10000 для

розроблення нових матеріалів лісовпорядкування та таксаційних описів. Станом на березень 2020 року лише 20-25% земель лісового фонду внесені до бази Державного земельного кадастру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Лісовий кодекс України від 21.01.1994 №3853-ХІІ;

Земельний кодекс України від 25.01.2001 №2768;

Ничвид М.Р. Особливості внесення земельних ділянок лісогосподарського призначення до державного земельного кадастру / Ничвид М.Р., Курта В.В. // 36. Матеріалів міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених "GeoTerrace-2018": Видавництво Львівської політехніки. – 2018;

Рахункова палата. – Режим доступу: <https://rp.gov.ua/PressCenter/News/?id=79>;

Технічна документація із землеустрою щодо встановлення меж ділянок лісового фонду, ДП «Закарпатгеодезцентр», м.Мукачеве, 2017-2019.

Чернявський М. В., Швіттер Р., Ковалишин Р.В. та ін. Наближене до природи лісівництво в Українських Карпатах. – Львів: ЛА Піраміда, 2006. – 88 с.;

Чернявський М.В. Порадник карпатського лісівника / Чернявський М.В., Парпан В.І., та ін. – Івано-Франківськ: Фоліант, 2008, – 368 с.

Hong S.-E. Boundary Line Extraction of Forest Land for Cadastral Resurvey Using UAV and GIS. – *Indian Journal of Science and Technology*, DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i41/103952, 2016;

Vogiatzis M. A forest lands information system in support of sustainable management and use of forests. – Режим доступу: <https://docplayer.net/6583965-A-forest-lands-information-system-in-support-of-sustainable-management-and-use-of-forests.html>;

Kumar M., Singh S., Attri P. and others GIS BASED CADASTRAL LEVEL FOREST INFORMATION SYSTEM USING WORLD VIEW-II DATA IN BIR HISAR. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/284452060>.

ON THE ISSUE OF DEVELOPING THE LAND MANAGEMENT DOCUMENTATION FOR FOREST LANDS

Nychvyd M.

The article considers the main problems and inhibitory factors that accompany the development of land management documentation for the formation of forest land. It is concluded that the problem can be solved only with a complex combination of land management, state land cadastre, inventory materials and forest monitoring results.

Key words: land management documentation; land parcel; forest cadastre; state land cadastre; forest inventory

УДК 528.9

УЧАСТЬ ГРОМАДСЬКОСТІ У РОБОТІ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ: ГРОМАДСЬКА РАДА ПРИ ДЕРЖГЕОКАДАСТРІ

Даценко Л.

Кафедра геодезії та картографії, Київський національний
університет імені Тараса Шевченка, просп. Академіка
Глушкова 2а, Київ, Україна, 03127
ua-dln@ukr.net

Мета роботи – дослідити взаємодію держави з громадянським суспільством на основі партнерства необхідна для розвитку України як правової, демократичної і соціальної держави. Окремо розглянути питання діяльності фахової Громадської ради при Держгеокадастрі. **Методика.** Ознайомлення та вивчення вітчизняного досвіду участі громадськості у процесі прийняття рішень органами виконавчої влади. Аналіз законодавчого підґрунтя цієї діяльності та фактичної реалізації можливостей взаємодії між громадянами та органом влади (установою, відомством), що відповідають за прийняття рішення дозволять більш якісно працювати подібним організаціям. Для того, щоб забезпечити реалізацію демократичних стандартів громадської участі, держава має створити умови для активної участі громадськості у виробленні державної політики. **Практична значущість.** Громадська участь дає змогу враховувати соціальні чинники в процесі планування, мінімізувати соціальні та політичні ризики внаслідок ухвалення та реалізації управлінських рішень, корегувати плани та поведінку влади відповідно до інтересів тих чи інших суспільних груп, а також залучати їх до процесу ухвалення управлінських рішень.

Ключові слова: Громадська рада, Держгеокадастр, робота з громадськістю, законотворчі ініціативи.

Вступ

Практика залучення громадськості до спільної роботи з органами виконавчої влади розпочалася ще 1993 року [2]. Однією з перших була створена Рада підприємців України при Кабінеті Міністрів України (постанова КМУ від 22 березня 1993 року № 210).

Реальним поштовхом для забезпечення участі громадян в управлінні державними справами стала Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхуська конвенція – Данія, 23-25 червня 1998 року), яку було ратифіковано Законом від 6 липня 1999 року № 832-XIV. Тим самим Україна взяла на себе

зобов'язання забезпечити на національному рівні участь громадськості:

- у прийнятті рішень щодо конкретних видів діяльності (стаття 6 Конвенції);
- у підготовці нормативних актів виконавчої влади і/або загальнообов'язкових юридичних актів (стаття 8 Конвенції).

При цьому у Конвенції (частина 4 статті 6) наголошується, що «Кожна із Сторін забезпечує участь громадськості вже на ранньому етапі, коли відкриті всі можливості для розгляду різних варіантів, і коли участь громадськості може бути найбільш ефективною» [8].

Конституційне право громадян на звернення закріплено Законом України «Про звернення громадян» (від 21 жовтня 1996 року № 393/96-ВР). У ньому окреслено форми звернень та вимоги до них, а також процедури реагування на звернення органів державної влади та місцевого самоврядування.

Обов'язкове створення Громадської ради при органах виконавчої влади було започатковане 2004 року. На виконання Указу Президента України від 31.07.2004 № 854 «Про забезпечення умов для більш широкої участі громадськості у формуванні та реалізації державної політики» Кабінет Міністрів України прийняв постанову від 15.10.2004 № 1378 «Деякі питання щодо забезпечення участі громадськості у формуванні та реалізації державної політики».

За даними українських дослідників, практика залучення громадськості до спільної роботи з органами виконавчої влади розпочалася ще 1993 року [2]. Однією з перших була створена Рада підприємців України при Кабінеті Міністрів України (постанова КМУ від 22 березня 1993 року № 210).

Перші громадські ради створювалися ще з початку 2000-х років, але процес не часто супроводжувався системністю та прозорістю. Порядок створення та діяльності громадських рад централізовано визначили постановою Кабміну № 996 від 3 листопада 2010 року, яка містить зокрема Типове положення про громадську раду. Після Революції Гідності старі громадські ради розпустили окремо виданою постановою Кабміну, а склад нових обмежили 35 членами.

Громадські ради при органах виконавчої влади України структуровані наступним чином:

- координаційний комітет громадських рад України;
- Громадські ради при Міністерствах України;

- Громадські ради при інших центральних органах виконавчої ради України;
- Громадські ради при обласних адміністраціях України;
- Громадські ради при міських та районних адміністраціях України.

Виклад основного матеріалу

Громадська рада при Держгеокадастрі [7] є тимчасовим консультативно-дорадчим органом, утвореним для сприяння участі громадськості у формуванні та реалізації державної, регіональної політики в сфері земельних відносин.

Процес формування та діяльності громадської ради регулюється постановою Кабінету Міністрів України від 03.11.2010 № 996 «Про забезпечення участі громадськості у формуванні та реалізації державної політики» [6].

До складу громадської ради можуть бути обрані представники громадських об'єднань, релігійних, благодійних організацій, творчих спілок, професійних спілок та їх об'єднань, асоціацій, організацій роботодавців та їх об'єднань, засобів масової інформації, які зареєстровані в установленому порядку. Строк повноважень складу громадської ради становить два роки з дня затвердження органом виконавчої влади її складу. Членство в громадській раді є індивідуальним. Рішення Громадської ради мають рекомендаційний характер і є обов'язковими для розгляду Держгеокадастром.

Вперше Громадська рада була утворена при Держземагентстві у 2011 році. Її термін повноважень скінчився у вересні 2013 р. У вересні 2013 року була утворена Громадська рада у новому складі. Її термін повноважень мав бути скінчитись у вересні 2015-го. Але після прийняття Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні (розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 квітня 2014 р. № 333-р) було припинено діяльність всіх громадських рад, які були утворені до 20 лютого 2014 року. Наступний склад Громадської ради при Держгеокадастрі був сформований 27 травня 2016 року. Ця Громадська рада припинила свою діяльність 27 травня 2018 року. В період з 27.05.2018 до 24.01.2020 Громадської ради при Держгеокадастрі не існувало.

Установчі збори з формування нового складу Громадської ради при Держгеокадастрі відбулися 24 січня 2020 року. Головою Громадської ради при Держгеокадастрі на 2020-2022 роки обрано Грибкова Михайла Євгеновича, функції секретаря Громадської ради при

Держгеокадастрі покладено на представника Держгеокадастру Обручкову А. Ю.

Членами Громадської ради було обрано представників різних інститутів громадянського суспільства: Всеукраїнська профспілка працівників геодезії, картографії та кадастру; Асоціація «Земельна спілка України»; Всеукраїнська громадська організація «Асоціація фахівців землеустрою України»; Громадська спілка «Всеукраїнська організація інвалідів війни, Збройних Сил, рятувальників, поліцейських, учасників бойових дій та антитерористичних операцій»; Громадська організація «Всеукраїнське об'єднання вимушено переміщених осіб «Україно – моя сім'я»; Громадська організація «Асоціація фахівців нерухомості (ріелторів) України»; Громадська спілка «Українське товариство геодезії і картографії»; Громадська організація «Повір у себе і зроби»; Громадська організація «Стоп нелегал»; Громадська організація «Стоп корупція»; Громадська організація «Народ проти корупції»; Міжнародний благодійний фонд інвалідів війни в Афганістані та інших локальних конфліктів за справедливість».

Основними завданнями Громадської ради є:

- сприяння реалізації громадянами конституційного права на участь в управлінні державними справами;
- сприяння врахуванню Держгеокадастром громадської думки під час формування та реалізації державної, регіональної політики;
- сприяння залученню представників заінтересованих сторін до проведення консультацій з громадськістю та моніторингу результатів формування та реалізації державної, регіональної політики;
- проведення відповідно до законодавства громадського моніторингу за діяльністю Держгеокадастру;
- здійснення підготовки експертних пропозицій, висновків, аналітичних матеріалів з питань формування та реалізації державної, регіональної політики.

Громадська рада відповідно до покладених на неї завдань:

- готує та подає Держгеокадастру пропозиції до орієнтовного плану проведення консультацій з громадськістю;
- готує та подає Держгеокадастру пропозиції щодо організації консультацій з громадськістю, у тому числі щодо залучення представників заінтересованих сторін;
- готує та подає Держгеокадастру обов'язкові для розгляду пропозиції, висновки, аналітичні матеріали щодо вирішення питань у сфері

земельних відносин, підготовки проектів нормативно-правових актів, удосконалення роботи Держгеокадастру;

- проводить громадський моніторинг за врахуванням Держгеокадастром пропозицій та зауважень громадськості, забезпеченням ним прозорості та відкритості своєї діяльності, а також дотриманням нормативно-правових актів, спрямованих на запобігання та протидію корупції;

- інформує громадськість про свою діяльність, прийняті рішення та стан їх виконання, подає в обов'язковому порядку відповідні відомості Держгеокадастру для оприлюднення на його офіційному веб-сайті та будь-яким іншим способом;

- збирає, узагальнює та подає Держгеокадастру пропозиції громадськості щодо вирішення питань, які мають важливе суспільне значення;

- готує та оприлюднює щорічний звіт про свою діяльність [7].

Пропозиції Громадської ради розглядаються Держгеокадастром в установленому порядку. Розгляд пропозицій щодо проектів нормативно-правових актів відображається у звіті за результатами проведення консультацій з громадськістю. Згідно Положення [6], Громадська рада є консультативно-дорадчим органом, який надає консультативно-методичну допомогу.

Громадська рада має право:

- 1) утворювати постійні та тимчасові робочі органи (правління, секретаріат, комітети, комісії, експертні групи тощо);

- 2) залучати до своєї роботи працівників центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, представників підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності (за згодою їх керівників), а також окремих фахівців (за згодою);

- 3) організовувати і проводити семінари, конференції, засідання за круглим столом та інші публічні заходи;

- 4) отримувати в установленому порядку від органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування інформацію, необхідну для забезпечення діяльності ради;

- 5) отримувати від Держгеокадастру проекти нормативно-правових актів з питань, що потребують проведення консультацій з громадськістю;

- 6) проводити відповідно до законодавства громадську експертизу діяльності Держгеокадастру та громадську антикорупційну експертизу нормативно-правових актів, проектів нормативно-правових актів, розроблених Держгеокадастром [6].

Члени громадської ради мають право доступу в установленому порядку до приміщень, в яких розміщений Держгеокадастр.

Структурна організація діяльності Громадської ради при Держгеокадастрі складається з трьох комітетів ГР за такими напрямками роботи:

- Комітет по роботі з громадянами та інститутами громадянського суспільства (голова комітету: Князев С.В. – Громадська організація «Повір у себе і зроби»);

- Комітет моніторингу діяльності Держгеокадастру (голова комітету: Тараторін Ю.М. – Громадська організація «Асоціація фахівців нерухомості (ріелторів) України»);

- Комітет законотворчої ініціативи (голова комітету: Даценко Л.М. – Громадська спілка «Українське товариство геодезії і картографії»).

У лютому 2020 р. було проведено друге засідання новоствореної Громадської ради при Держгеокадастрі на якому було підтримано та схвалено пропозиції щодо проекту постанови КМ України «Про внесення змін до Порядку побудови Державної геодезичної мережі» підготовлені ДП «НДІГК» і презентовані представником ГС «Українське товариство геодезії та картографії». Пропозиції стосуються положень щодо геодезичної мережі спеціального призначення, математичного оброблення результатів вимірювання та каталогізація пунктів Державної геодезичної мережі та банку геодезичних даних [7].

Четверте засідання Громадської ради при Держгеокадастрі, обраної на 2016-2018 роки містило у порядку денному: Обговорення проектів нормативно-правових актів у сфері землеустрою: 1) проект Закону України «Про Національну інфраструктуру геопросторових даних» розроблений відповідно до Концепції проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2007 року № 1021-р.; 2) проекту постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України»; 3) проекту наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження зразка Реєстраційного посвідчення (свідоцтва) власника (користувача) апаратури супутникових радіонавігаційних систем»; 4) проекту Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про Державний земельний кадастр» (щодо розширення переліку осіб, які здійснюють внесення відомостей до

Державного земельного кадастру та надання відповідної інформації з нього)».

У науковій літературі залишається досить невисокий рівень саме наукових досліджень у питаннях діяльності громадських рад в органах влади, що вимагає додаткових наукових пошуків з даної тематики.

Висновки

Загальними проблемами діяльності ГР в Україні залишаються: відсутність нормативно-закріплених вимог фахової підготовки та компетентності членів ГР; брак їх авторитету для органів влади; необов'язковість рішень ГР для органів публічної влади, що веде зазвичай до ігнорування цих рішень; обмеження доступу ГР до офіційних інформаційних джерел, що робить неможливою їхню участь в управлінні; нестача працівників у державних органах для виконання функцій спілкування з громадськістю та їхня необізнаність щодо діалогових форм роботи з громадськістю; неготовність членів ГР узгоджувати між собою позиції на основі компромісу; низька прозорість діяльності самих ГР; спроби політизації діяльності громадських рад; мізерне фінансове забезпечення або його повна відсутність тощо.

Але ж питання взаємодії з громадськістю є одним із ключових в Угоді про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Законодавче зобов'язання для органів виконавчої влади та рекомендація для органів місцевого самоврядування створити громадські ради стало важливим кроком на шляху до посилення участі громадськості у процесі прийняття рішень на місцях, громадські ради наразі ще не повністю стали інструментом дієвого впливу.

Держгеокадастр на сьогодні декларує, що налаштований на налагодження ефективної взаємодії із громадськістю та врахування громадської думки під час формування та реалізації державної політики. Перша співпраця новоствореної Громадської ради з Держгеокадастром надає підстави стверджувати, що керівництво Держгеокадастру дослухається до рішень ГР і реагує на них.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Громадські ради в Україні. Довідник. / Упорядник М. Лациба. – К.: Укр. незалеж. Центр політ. дослідж., 2003. – 232 с.
- Громадські ради в Україні. Довідник. / Упорядник М. Лациба. – К.: Укр. незалеж. Центр політ. дослідж., 2003. – 232 с.
- Громадські ради: створення та організація роботи. Довідково-методичний посібник для членів

громадських рад / за заг. ред. А.С. Крупника. – Одеса, 2012. – 326 с. – Режим доступу: http://dep.od.ua/dep/im_article/File/V%20pomoshch%20deputatam%20i%20sovetam/Gromadski%20rady.pdf

Енциклопедичний словник з державного управління. За ред. Ю.В.Ковбасюка, В.П.Трошинського, Ю.П.Сурміна. – К.: НАДУ, 2010. – 820 с.

Орієнтовний план проведення консультацій з громадськістю на 2020 рік був розроблений та затверджений Держгеокадастром наприкінці 2019 року (<https://land.gov.ua/info/konsultatsii-z-hromadskistiu/>)

Постанова Кабінету Міністрів України від 03.11.2010 № 996 «Про забезпечення участі громадськості у формуванні та реалізації державної політики»

<https://land.gov.ua/icat/hromadska-rada/>

https://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994_015

PUBLIC PARTICIPATION IN THE WORK OF EXECUTIVE BODIES: PUBLIC COUNCIL AT THE STATE GEOCADASTRE

Datsenko L.

Department of Geodesy and Cartography, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2a Akademika Hlushkova Ave., Kyiv, Ukraine, 03127, ua-dln@knu.ua

Objective of this study is to explore the interaction between the state and civil society on the basis of partnership, which is necessary for the development of Ukraine as a state based on the rule of law, democracy and social state. The activity of the professional Public Council at the State Geocadastr are considered separately. **Method.** Familiarization and study of the domestic experience of public participation in the decision-making process by the executive authorities. The analysis of the legislative basis for these activities and the actual implementation of opportunities for citizens to interact with the state body (institution, agency) responsible for decision-making will improve the efficiency of such organizations. . In order to ensure the implementation the implementation of democratic standards of public participation, the state should create conditions for active public participation in policy-making. **Practical significance.** Public participation allows to take into account social factors in the planning process, to minimize social and political risks associated with the adoption and implementation of management decisions, to adjust the plans and behavior of government agencies in accordance with the interests of certain social groups, involve them in the decision-making process.

Keywords: Public Council, State Geocadastr, Public Relations, Legislative Initiatives.

УДК 528.48

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НАДЗЕМНИХ ДІЛЯНОК ТРУБОПРОВІДІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПЛАНОВО-ВИСОТНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Ріпецький Є., Коробков О.

Кафедра геодезії та землеустрою,
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківський,
Україна, 76019, e-mail: olehkorobkov@gmail.com, erip@i.ua

Запропоновано метод розрахунку НДС трубопроводів на ділянках надземного переходу, який ґрунтується на опрацюванні дискретних даних планово-висотного обстеження надземної ділянки трубопроводу з урахуванням параметрів згладжування і фізичних процесів за принципом мінімуму потенціальної енергії деформації конструкції.

Ключові слова – трубопровід; планово-висотне обстеження; дискретні координати; напружено-деформований стан, потенціальна енергія.

Вступ

Ділянки надземних переходів трубопроводів є потенційно небезпечними, на яких трубопровід, утворюючи прольотну конструкцію, зазнає особливий вид напружено-деформованого стану (НДС) – згин. Під час їх тривалої експлуатації фактори зовнішнього середовища призводять до суттєвих змін у планово-висотному положення конструктивних елементів опор переходу, що викликає зміну напруженого стану трубопроводу, і може призвести до аварійних ситуацій. Тому нормативними документами передбачено контролювати просторове положення трубопроводу, проводячи періодично планово-висотне обстеження об'єкту з прилеглою територією.

Інформація про деформований стан може бути отримана з проведенням інструментальної зйомки у вигляді дискретних координат характерних точок осі трубопроводу. А перехід від величин деформацій до величин напружень потребує опрацювання даних геодезичних спостережень.

Одним із поширених методів визначення НДС трубопроводів на ділянках надземних переходів є проведення вимірів висотних відміток з певним кроком. За отриманими даними розраховують радіус кривини, що дозволяє за існуючими формулами оцінити напруження згину.

Теоретичним підґрунтям такого переходу є наявність зв'язку між напруженнями в перерізах трубопроводу та його конфігурацією, яка подається

у вигляді радіуса зігнутої осі [2, 4] або інтерполяційним поліномом [3].

В обох випадках за допомогою інструментальної зйомки одержують координати замаркованих точок на трубопроводі, використовуючи при цьому відносну систему координат [1, 2]. Особливості проведення геодезичних вимірів для визначення просторового положення трубопроводів на надземних переходах з дотриманням необхідної точності розкрито в роботі [5].

Подальші аналітичні розрахунки НДС трубопроводу за результатами геодезичних вимірів виконано на залежностях, що наведені у роботах [3, 4, 6]. Згадані аналітичні залежності між згинальним моментом та напруженнями у перерізах трубопроводу, з однієї сторони, та деформаціями його осі, з другої сторони, стають підставою для математичного моделювання НДС трубопроводів на ділянках надземних переходів.

Існуючі методи розрахунку НДС трубопроводу не завжди враховують фізичні процеси деформації, тому не забезпечують можливості достовірного аналізу даного процесу.

Метою роботи є удосконалення методів опрацювання результатів планово-висотного обстеження надземних ділянок трубопроводів для визначення напружено-деформованого стану.

Методика

Задача контролю НДС трубопроводів з використання наземної зйомки вимагає надійної реперної основи з достатньою кількістю реперів. Геодезичним обґрунтуванням на об'єкті виступають координати пунктів, які служать опорою для спостережень за деформаціями конструкцій переходу і трубопроводу. У системі координат, прив'язаної до реперів, були зібрані дискретні координати просторового положення конструктивних елементів переходу і трубопроводу. Результати опрацювання даних планово-висотного обстеження надземної ділянки трубопроводу показано на рис.1 у вигляді комп'ютерної моделі.

Для покращення точності опрацювання геодезичних даних при визначенні НДС трубопроводу запропоновано два підходи.

Перший полягає в отриманні геометричної конфігурації осі трубопроводу з деякою точністю в контрольований момент часу, яка подається у вигляді поліномних рівнянь або сплайнових кривих. Для цього використовується широко відомий апарат інтерполяції з використанням інтерполяційного кубічного сплайну. Для підвищення точності розрахунків необхідно застосовувати параметри згладжування, які дозволяють зменшити вплив похибок експериментальних даних.

Другим напрямком є використання методів, що ґрунтуються на фізичних законах. Таким

методом є принцип мінімуму потенціальної енергії деформації, згідно якого механічна система, яка перебуває у стані рівноваги прагне зайняти таке положення, в якому її потенціальна енергія деформації стає мінімальною [7].

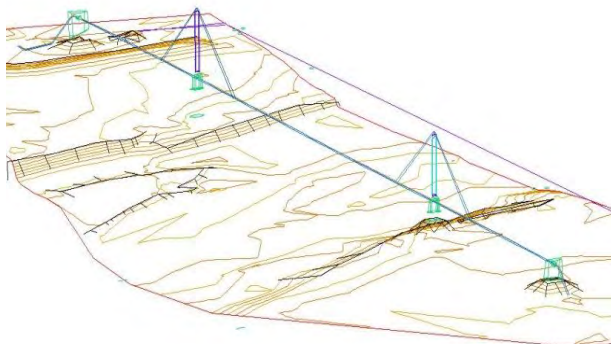


Рис. 1. Результати опрацювання даних планово-висотного обстеження надземної ділянки трубопроводу у вигляді комп'ютерної моделі

Поєднання двох підходів дозволяє здійснювати моделювання НДС трубопроводу у два етапи: 1) за результатами планово-висотного обстеження, одержати попереднє рівняння зігнутої осі; 2) а далі перевірити рівняння на умову мінімуму потенціальної енергії деформації, що дозволить розкрити статичну невизначеність системи «трубопровід – опори».

Результати

Поєднання запропонованих підходів перевірялось на ідеалізованій моделі, без врахування похибок вимірів. Точність самого методу при цьому становила 2,4%. З урахуванням похибок вимірів, до яких були застосовані згладжувальні процедури, похибка не перевищувала 6%.

Висновки

Запропонована методика визначення напружено-деформованого стану надземних ділянок трубопроводів за результатами планово-висотного обстеження забезпечує точність до 6% і може стати основою для створення алгоритмів автоматизованої опрацювання геодезичних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Банахевич Р.Ю. Досвід діагностичного обстеження вантового переходу МГ Івацевичі – Долина П н. через ріку Дністер / Р. Ю. Банахевич, В. О. Крупка, О. М. Марчук // Теорія і практика будівництва. – 2011. – № 7. – С. 24–27.
- Грицюк Т. Ю., Матіщук А. В. Геодезичний моніторинг надземних переходів ділянки магістрального трубопроводу «Богородчани-

Долина» / Т. Ю. Грицюк, А.В. Матіщук// Матеріали VIII міжн. наук.-практ. конф. «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні», Ужгород, -2016 р. – С.130-131.

Жовтуля Л.Я. Розроблення методики оцінки напружено-деформованого стану лінійних ділянок магістральних трубопроводів /Л.Я. Жовтуля, А.П. Олійник, А.В. Яворський, М.О. Карпаш //Методи та прилади контролю якості. Івано-Франківськ, 2017. №38. – С. 57–63.

Пакшин М.Ю. Геодезичний моніторинг деформацій методом радарної інтерферометрії/ М.Ю. Пакшин, І.І. Ляска, К.О. Бурак, В.М. Ковтун, Л.І. Дорош// Міжн. наук.-практ. конф. «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення» (м. Брно, Чеська Республіка, 27–28 квітня 2018 р.)

Тревого І. Особливості визначення просторового положення надземних переходів магістральних газопроводів з використанням електронного тахеометра у безрефлекторному режимі / І. Тревого, Є. Ільків, Д. Кухтар // Сучас. досягнення геодез. науки та вир-ва. – 2011. – Вип. 2. – С. 124–127.

Харченко Є. В. Аналіз пружно-пластичного деформування ділянки магістрального трубопроводу з урахуванням зміцнення матеріалу/ Є. В. Харченко, А. О. Кичма, Р. С. Савула // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – 2013. № 755. – С. 442–448.

Lanczos C. Variational Principles in Mechanics / C. Lanczos – Toronto Press, 1988. – 346

DETERMINATION OF STRESS-STRAIN STATE OF PIPELINES AT ABOVE-GROUND PARTS ON RESULTS OF PLANNED-HIGH SURVEYS

Korobkov O., Ripetskyi Y.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
st. Karpatska 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019,
e-mail: olehkorobkov@gmail.com, erip@i.ua

The method of calculation of the SSS of pipelines on the sections of the overpass is proposed. It is based on the processing of discrete data of the planned-height survey of the above-ground section of the pipeline, taking into account the parameters of smoothing and physical processes on the principle of minimum potential energy of deformation of the structure.

Keywords – pipeline; planned high-altitude examination; discrete coordinates; stress-strain state, potential energy.

УДК 528.18

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ “ВІРТУАЛЬНЕ ГЕОЛОГІЧНЕ ВІДСЛОНЕННЯ”

Олійник М., Бубняк І.

Кафедра інженерної геодезії, Національний університет
«Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна,
79013, E-mail: marii4k@i.ua, ihor.m.bubniak@lpnu.ua

Основні результати представлені у вигляді таблиць та діаграм. Вказано на основні напрямки, дисципліни та їх розділи, країни де найбільше вивчали віртуальні геологічні відслонення та авторів, які досліджували ці питання. Джерелами нашого аналізу є найвідоміші бази Web of Science, Scopus, ScienceDirect, а також реферативні журнали РЖ Геологія, РЖ Геодезія та український реферативний журнал “Джерело”. В результаті досліджень ми з’ясували, коли виникло таке поняття як «віртуальне геологічне відслонення», якими методами їх досліджують, в яких країнах проводять зазначені дослідження, найбільш цитованих дослідників.

Ключові слова – віртуальне геологічне відслонення, фотографія, наземне лазерне сканування (НЛС), цифрова фотограмметрія, історія досліджень, 3D моделі.

Вступ

Сьогодні для скорочення польового етапу геологічних досліджень все частіше використовують метод фотограмметрії та лазерного сканування для побудови віртуальних геологічних відслонень. Фіксування геологічних даних пройшло довгий шлях від створення простих рисунків у записнику та фотографування до побудови віртуального геологічного відслонення.

В цій роботі ми розглядаємо розвиток ідей від початку застосування лазерного сканування та фотограмметрії в науках про Землю.

Мета – здійснити огляд літературних джерел на тему “віртуальне геологічне відслонення”, щоб проаналізувати тенденцію розвитку різноманітних підходів при вивченні геологічних об’єктів. На цьому етапі зібрані всі літературні джерела, що стосуються досліджуваної тематики. Для цього використані бази Web of Science, Scopus, ScienceDirect та вітчизняні джерела.

Огляд літератури – це перший крок перед початком будь-якого наукового дослідження.

Аналіз попередніх досліджень дає змогу прослідкувати етапи вивчення конкретного питання, тобто його розвиток. Аналіз матеріалів може дати нове тлумачення старого матеріалу або комбінувати у собі нові та старі інтерпретації. Огляд літератури допомагає простежити інтелектуальний прогрес в конкретній галузі.

Методи дослідження

Систематичний пошук, відбір та категоризація досліджень дала змогу упорядкувати численні літературні джерела. Використовуючи для пошуку вищезазначені бази та обмеживши сам пошук відповідною тематикою, нам вдалось отримати корисні дані для подальшого вивчення та аналізу.

Систематичний огляд допомагає синтезувати нові знання та допомагає рухатись в напрямку нових досліджень. Критерії огляду ґрунтуються на трьох етапах: (1) пошук літератури; (2) вибір відповідних досліджень; (3) категоризація та синтез отриманих результатів.

Результати

Нами було знайдено, опрацьовано та проаналізовано 95 джерел відповідної тематики. Як показують наші результати (рис.1), більшість досліджень проводили у Великобританії (22%); США (15%), Австралії (10%), Італії (10%), Швейцарії (10%), Норвегії (5%), Іспанії (5%) та Україні (4%).

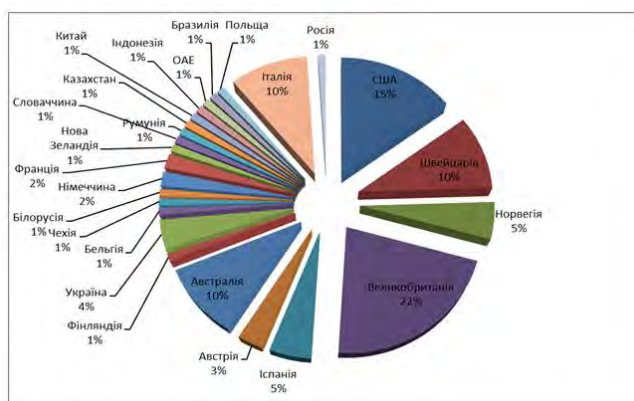


Рис.1 Секторна діаграма розподілу публікацій світу у % співвідношенні

Крім цього, ми виділили ряд дослідників, які глибоко вивчали тематику віртуального геологічного відслонення. Зробивши статистичний аналіз у вигляді гістограми (рис. 2)

активності авторів у даній тематиці, ми можемо відзначити трьох дослідників, чії публікації нам траплялись найчастіше –[Hodgetts, 2004, 2013; Holdsworth, 2004, 2008; Buckley, 2008]

В Україні опитані вище дослідження не мають систематичного характеру. Лише декілька досліджень були проведені дослідниками національного університету «Львівська політехніка» [Бубняк & Бубняк, 2019].

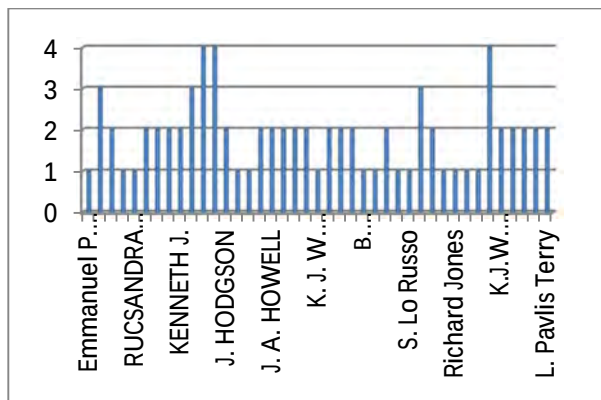


Рис.2 Гістограма кількості публікацій найактивніших дослідників у даній тематиці

Висновки

В даній роботі зроблено огляд та аналіз літератури за темою віртуальне геологічне відслонення. Кількість статей (1999-2020 рр) мають тенденцію до зростання.

Значна частина проаналізованих матеріалів була опублікована у Великобританії (21%). Також ми зазначили ряд дослідників, які займались питанням віртуального геологічного відслонення. Ці результати дозволяють зрозуміти які джерела є найбільш компетентними в даній тематиці, тобто за публікаціями яких країн та авторів нам потрібно найбільше слідкувати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бубняк, І., & Бубняк, А. (2019). Структурно-сідиментологічні дослідження міоценових відкладів із застосуванням цифрової фотограмметрії, на прикладі відслонення в с. Хоросно, Львівська область. Наукові Праці ДонНТУ, Серія Гірничо-Геологічна, 21-22(1-2), 32–38.
- Buckley, S. J., Howell, J. A., Enge, H. D., & Kurz, T. H. (2008). Terrestrial laser scanning in geology: data acquisition, processing and

accuracy considerations. *Journal of the Geological Society*, 165(3), 625-638., 2008.

Hodgetts, D. (2013). Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: A review. *Marine and Petroleum Geology*, 46, 335-354.

Hodgetts, D., Drinkwater, N. J., Hodgson, J., Kavanagh, J., Flint, S. S., Keogh, K. J., & Howell, J. A. (2004). Three-dimensional geological models from outcrop data using digital data collection techniques: an example from the Tanqua Karoo depocentre, South Africa. *Geological Society, London, Special Publications*, 239(1), 57-75.

Jones, R. R., McCaffrey, K. J., Wilson, R. W., & Holdsworth, R. E. (2004). Digital field data acquisition: towards increased quantification of uncertainty during geological mapping. *Geological Society, London, Special Publications*, 239(1), 43-56.

Jones, R. R., McCaffrey, K. J., Imber, J., Wightman, R., Smith, S. A., Holdsworth, R. E., ... & Wilson, R. W. (2008). Calibration and validation of reservoir models: the importance of high resolution, quantitative outcrop analogues. *Geological Society, London, Special Publications*, 309(1), 87-98.

LITERATURE REVIEW ON VIRTUAL GEOLOGICAL OUTCROPS”

Oliynyk M., Bubniak I.

Department of Engineering Geodesy, Lviv Polytechnic National University, Bandera Str 12, Lviv, Ukraine, 79013, Email: marii4k@i.ua, ihor.m.bubniak@lpnu.ua

The main results are presented in tables and diagrams. The main directions, disciplines and their branch, the countries where the most studied virtual geological outcrops and the authors who researched these issues are indicated. The sources of our analysis are the most famous databases of Web of Science, Scopus, ScienceDirect, as well as the abstract journals Geology, Geodesy and the Ukrainian abstract journal Dzherelo.

As a result of the research, we found out when the concept of "virtual geological dislocation" arose, what methods they were investigating, in which countries the studies were carried out, the most cited researchers.

Keywords: virtual geological outcrops, photography, terrestrial laser scanning (TLS), digital photogrammetry, research history, 3D models.

УДК 528.94

СТВОРЕННЯ ТУРИСТИЧНОЇ КАРТИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

Шевчук В., Озарків І., Юрович І.

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail: shevchukv2016@gmail.com

Мета роботи полягає у створенні туристичної карти та розробці туристичних маршрутів Одещини з використанням картографічних матеріалів та космічних зображень засобами геоінформаційної системи ArcGIS 10.3.

Ключові слова – туризм; Одеська область; ГІС-технології; туристична карта, туристичні маршрути.

Вступ

Одеська область – край унікальної природи, лікувального мікроклімату, самобутнього народного мистецтва і великої історико-культурної спадщини. Багата історико-культурна спадщина, наявність Чорного моря, численних озер, лиманів та річок створюють передумови для організації і функціонування на території досліджуваного регіону практично усіх видів туризму [Бейдик, 2001]. Туризм безпосередньо пов'язаний з просторово-орієнтованими об'єктами. На сьогодні геоінформаційні технології використовуються в туризмі для вирішення задач відображення туристичної привабливості регіону на туристичних картах чи буклетах, окремих туристичних або екскурсійних маршрутів, аналізу різних аспектів розвитку окремих регіонів чи держав.

Актуальним в туристичній галузі є інформатизація ринку туристичних послуг на базі ГІС, що активно використовується провідними країнами світу. У туризмі ГІС застосовують для розробки туристичних карт із нанесеними об'єктами та маршрутами, а також інфраструктурою. Для територій, що мають унікальний природно-рекреаційний потенціал або важливе історико-культурне значення, якою в Україні однозначно є Одещина, актуальним є розробка туристичних карт засобами геоінформаційних систем та технологій з метою створення інтерактивних картографічних ресурсів у туристичній галузі [Шевчук, 2013; Malek, 2004].

Основна частина

Туризм став потужним соціально-економічним та політичним явищем, яке суттєво впливає на світовий лад та політику багатьох держав. ООН, Всесвітня туристична організація і ЮНЕСКО XXI

століття визнали століттям туризму, який разом із геоінформаційними та телекомунікаційними технологіями забезпечуватиме економічне зростання багатьох країн світу [Комиссарова, 2016]. Розвиток туристичної картографії направлений на забезпечення населення різноманітною інформацією і видами картографічної продукції. На багатьох міжнародних туристичних картах відсутнє послідовне відображення об'єктів природної та культурної спадщини. Розробка змісту методики і технології створення карт, а також ГІС історико-культурних і природних пам'яток сприяє об'єднанню технології створення і використання тематичних карт в сучасному розвитку міжнародного туризму. У [Тхем, 2009] авторами розроблено класифікацію карт для туризму як методологічної основи їх проектування, створення ГІС і формування інфраструктури просторових даних, а також обґрунтовано систему відомостей про об'єкти природної і культурної спадщини для їх відображення на туристичних картах. Впровадження та вдосконалення ГІС-технологій у туристичній діяльності подано у [Мельник, 2009]. ГІС в туристичній галузі використовуються для створення туристичних карт, буклетів та іншої друкованої продукції. Основною метою створення туристичних ГІС є зв'язок об'єктів на туристичній карті з базами даних ГІС, що вказано у [Шевченко, 2017].

Туристична галузь в наш час використовує ГІС у багатьох додатках, зокрема у інтерактивних веб-картах, інформаційних буклетах, тривимірних картах пішохідних маршрутів, локації туристичних об'єктів для розробки нових маршрутів тощо [Duran, 2015]. Можливості використання WEB та ГІС/ДЗЗ-технологій в туризмі описано у [Готинян, 2012]. Використання космічних знімків та географічних даних дозволяє отримувати об'єктивнішу інформацію про сучасний стан місцевості та зміни її територій, приймати обґрунтованіші рішення в орієнтуванні під час проходження туристичного маршруту та гарантувати безпеку для туристів. Туристичні карти дають можливість фіксувати положення, стан та просторову локалізацію туристичних об'єктів. Аналіз та оцінка закордонних туристичних карт з точки зору їх сприйняття та використання подано у [Даценко, 2011].

У статті [Шершньова, 2009] ГІС-технології розглядають як складову механізму державного управління туризмом на регіональному рівні. Особливу увагу звернено на визначення потенційних можливостей застосування ГІС-технологій для розвитку туризму. Протягом останніх років економіка України характеризується розвитком сфери рекреації та туризму. Пріоритетним завданням держави є підтримка рекреацій-

ної сфери, її розширення та подальший розвиток [Герасименко, 2016; Крюкова, 2015].

Основною задачею цього дослідження є створення туристичної карти засобами ГІС-технологій.

Вхідними даними для досліджень була адміністративно-територіальна карта Одеської області м-бу 1:250000, а також космічні знімки, отримані з КЛІА Landsat 8 (2019 р.) на територію Одеської області, завантажені із сайту американської геологічної служби USGS.

Створення туристичної карти, нанесення туристичних об'єктів та розробка туристичних маршрутів здійснювалася засобами програмного забезпечення ArcGIS 10.3.

Методика дослідження

Для створення туристичної карти та туристичних маршрутів розроблено структурну схему основних етапів виконання робіт, яка подана на рисунку 1.

Основними етапами виконання робіт були:

- пошук та аналіз вхідних даних, необхідних для створення туристичної карти (адміністративно-територіальна карта області, координати точок прив'язки, космічні зображення на територію Одещини, інформаційно-довідкові матеріали про основні туристичні об'єкти Одещини тощо);
- завантаження карт та знімків у програмне середовище ArcGIS 10.3;
- обробка космічних знімків (створення синтезованих зображень, технологія Pansharpening для покращення просторового розрізнення зображень, обрізка зображень по заданому контуру області);
- прив'язка адміністративно-територіальної карти;
- оцифрування основних об'єктів карти, зокрема: адміністративної межі області, меж районів, населених пунктів, автомобільних доріг та залізниць, гідрографії (річок, озер) тощо;
- збір даних про наявні туристичні об'єкти;
- нанесення основних туристичних об'єктів на цифрову карту та космічні зображення;
- внесення інформаційних даних про туристичні об'єкти у атрибутивні таблиці їх шарів (районів, населених пунктів, пам'яток культури, заповідних територій тощо);
- розробка цікавих туристичних маршрутів;
- аналіз створеної туристичної карти.

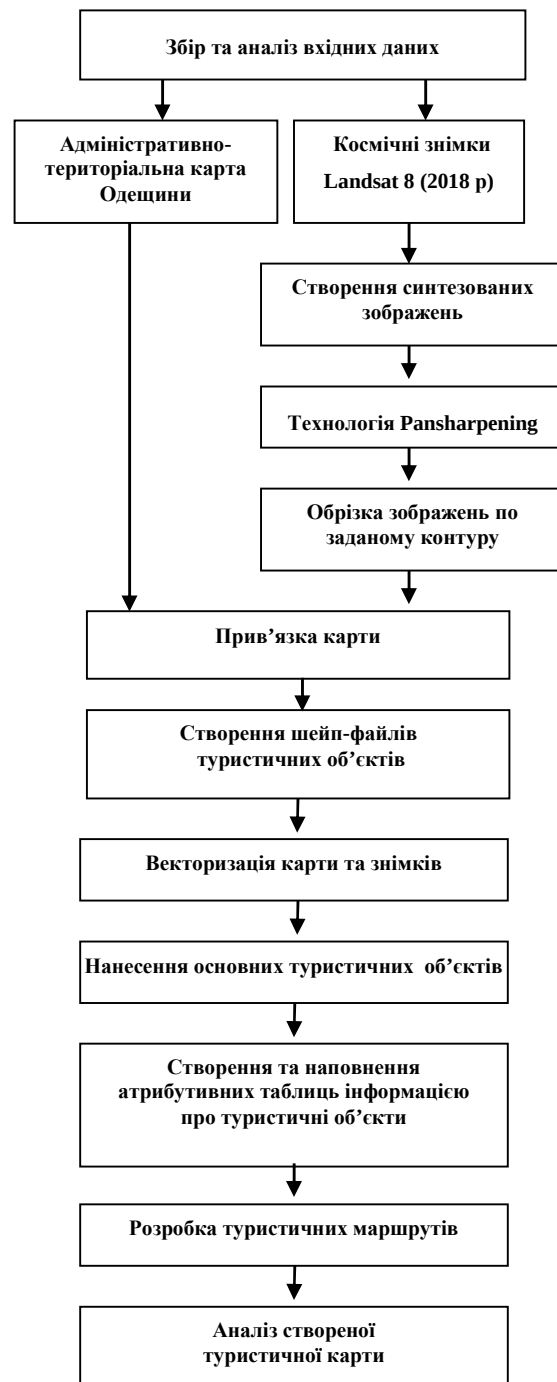


Рис. 1. Структурна схема основних етапів створення туристичної карти Одещини

Результати роботи

Після створення цифрової карти Одещини наступним етапом було нанесення туристичних об'єктів та розробка цікавих туристичних маршрутів. Для вибору умовних позначень щодо відображення кожного типу туристичних об'єктів використано позначення туристичних об'єктів, які вибиралися з наявних у ArcGIS 10.3. бібліотек умовних позначень (рис. 2).

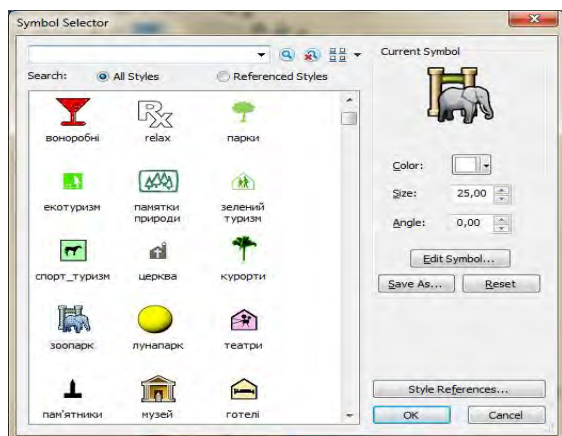


Рис. 2. Вікно вибору умовних позначень туристичних об'єктів

При нанесенні туристичних об'єктів для уточнення їх місцезнаходження використано векторну карту Open Street Map, яка автоматично підвантажується до відображуваної у ArcMap на карті чи знімку ділянки. Туристичні об'єкти було класифіковано за відповідними видами та призначенням, зокрема: екотуризм; історико-культурний туризм; релігійний туризм; зелений туризм; спортивний туризм; розважальний туризм; гастротуризм тощо.

Аналізуючи туристично-рекреаційні, історико-культурні та природно-заповідні об'єкти Одещини, а також наявне транспортне сполучення, розроблено такі туристичні маршрути: 1. маршрут «Бессарабія», який проходить по туристичних об'єктах та заповідних територіях південної частини області (на карті зображений червоним кольором); 2. маршрут «Південне Поділля», який проходить по туристичних об'єктах та заповідних територіях північної частини Одещини, районах з великою кількістю пам'яток природно-заповідного фонду (на карті зображений фіолетовим кольором); 3. маршрут, що проходить по туристичних об'єктах західної частини Одещини, (на карті зображений зеленим кольором); 4. маршрут, який проходить по заповідних територіях навколо Дністровського лиману (на карті зображений жовтим кольором); 5. маршрут, що проходить по туристичних об'єктах та заповідних територіях північно-східніше м. Одеси (на карті зображений синім кольором); 6. маршрут, який проходить північно-східними районами Одещини (на карті зображений рожевим кольором). Оскільки крайніми південними районами області протікає річка Дунай, яка є судноплавною, досить поширеними у цьому регіоні є туристичні маршрути у вигляді річкових сплавів та екскурсій на ділянці від м. Рені → м. Ізмаїл → м. Кілія → м. Вилкове і до т.з. «Нульового кілометра» загальною довжиною близько 170 км.

Загальна довжина розроблених туристичних маршрутів становить відповідно: 1) 731 км.; 2) 715 км.; 3) 155 км.; 4) 210 км; 5) 246 км; 6) 550 км. За тривалістю туристичні маршрути 3,4,5 є вікендовими (1-2 дні), а 1,2,6 – короткотривалими, протяжністю понад 500 км, передбачають ночівлю у готелях або палатках.

Отже, створена туристична карта Одеської області з нанесеними туристичними об'єктами та маршрутами подана на рисунку 3.

Туристична карта Одещини



Рис. 3. Загальний вигляд створеної туристичної карти Одеської області

Аналізуючи створену туристичну карту Одещини слід відзначити, що вона складається з тематичних шарів, в кожному з яких відображена певна кількість об'єктів на карті, зокрема: райони Одещини (27 районів); міста (53 міста); села_селища (188 сіл/селищ); малі села (104); шосе (9); залізниця (11); дороги (257); річки (36 річок); озера (40 озер); річка Дунай; аеропорт (3); залізничні станції (30); порт (8); автовокзал (34); театри (11 театрів); музеї (46 музеїв); пам'ятники (24 в м. Одеса); кліматичні_грязеві_курорти (15 на берегах Чорного моря та лиманів); екотуризм (12 об'єктів, розташованих по області); спортивні_об'єкти (13 об'єктів); виноробні (11 об'єктів); зелений туризм (11 об'єктів); церкви (63 старовинних церкви); історико-культурні об'єкти (42 об'єкти); пам'ятки садово-паркового мистецтва (22 пам'ятки); пам'ятки природи (23 пам'ятки); заповідники_заказники (44 заповідники); риболовецькі бази (4 об'єкти); зоопарк (м. Одеса);

лунапарки (м. Одеса та смт. Затока); розважальний туризм (11 об'єктів); готелі (39 готелів). Розроблено 6 автомобільних туристичних маршрутів, що проходять по туристичних об'єктах області, а також маршрут по р. Дунай. Туристична карта також містить легенду, масштаб та відповідні підписи і пояснення. Інформація про основні об'єкти туристичної карти подана в атрибутивних таблицях відповідних її шарів.

Висновки

В результаті виконання досліджень створено туристичну карту Одеської області масштабу 1:1000000, яка налічує 396 туристичних об'єктів та 801 об'єкт інфраструктури регіону (дороги, залізниці, автовокзали, порти), населені пункти, гідрографію, а також розроблено 6 кільцевих автомобільних туристичних маршрутів, які охоплюють всю територію Одещини та 1 маршрут-сплав по річці Дунай засобами ГІС-технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бейдик О. Рекреаційно-туристські ресурси Одеської області / О.О. Бейдик // К.: ВЦ КНУ, 2001. – 396 с.
- Готинян В. Можливості WEB та ГІС/ДЗ-технологій в туризмі / В.С. Готинян, А.В. Семеновенко, О.В. Томченко // ДНБЦ «Природа». – 2012 – с. 26-27.
- Даценко Л. Аналіз зарубіжних туристичних карт / Л.М. Даценко, І.О. Підлісецька // Геоінформаційні системи та їх застосування – 2011. – с. 287-281.
- Duran E. WEB-based information system for tourism resorts; a case study for side / E.Duran, D.Z.Seker, M.Shrestha // ITU, Istanbul Technical University, Civil Engineering Faculty 34469 Maslak, Istanbul, Turkey.- 2015.- p.101-108.
- Комиссарова Т. Туристские карты или карты для туристов? / Т. С. Комиссарова, Е. А. Гаджиева // Научный журнал «Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса». Том 10. 2016/№ 3. – С. 89-92.
- Крюкова І. Сучасний стан на перспективи розвитку сільського зеленого туризму в Одеській області. / І.О. Крюкова, А.О. Кравчук // Глобальні та національні проблеми економіки. Випуск 5, 2015. – С. 462-466.
- Malek M. Using smart map in a mobile information environment for tourism / M.R.Malek, N.Samany, S.Aliabady, L.Hajibabai, M.Kashyha// XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2004, Athens, Greece. <https://www.researchgate.net/publication/23992940>
- 4_USING_SMART_MAP_IN_A_MOBILE_INFORMATION_ENVIRONMENT_FOR TOURISM
- Мельник А. Впровадження та вдосконалення геоінформаційних технологій у туристичній діяльності / А.В. Мельник // Науковий вісник УжНУ. Серія «Економіка». Випуск 28. 2009 – с. 43-44.
- Оцінка туристично-рекреаційного потенціалу регіону: монографія / за заг. ред. В. Г. Герасименко. – Одеса: ОНЕУ, 2016. – 262 с.
- Тхиєм Н. Методические основы создания и использования туристических карт с отображением объектов историко-культурного и природного наследия / Нгуен Ле Тхиєм, В. М. Опара // 2009. с. 173-179.
- <http://dSPACE.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/2741/2/Nguen.pdf>.
- Шевченко Р. Загальні поняття в географічних інформаційних системах / Р. Шевченко // Картографічні технології в туризмі – 2017. – с. 1-5.
- Шевчук В. Розробка туристичного маршруту «Шляхами князя Лева» засобами ГІС / В.М. Шевчук, Х.В. Бурштинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання, вип.78, 2013, с. 111-119.
- Шершньова О. ГІС-технології як складова інформаційного механізму регіонального управління туризмом / Шершньова О.В.// Ефективність державного управління. Збірник наукових праць. – 2009. – Вип.21. с. 337-343.1.

CREATION OF THE ODESSA REGION TOURIST MAP BY GIS-TECHNOLOGIES

Shevchuk V., Ozarkiv I., Yurovych I.

Department of Photogrammetry and Geoinformatic, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery street 12, Lviv, Ukraine; E-mail: shevchukv2016@gmail.com

The purpose of this paper is to create the tourist map of Odessa Region and develop new tourist routes using cartographic materials and satellite images by means of GIS-technologies. The input data was the administrative-territorial map of the Odessa Region on a scale of 1: 250000, and satellite images of Landsat 8 (2019). The creation of a tourist map and the development of tourist routes were carried out using ArcGIS 10.3 software. As a result, the tourist map of the Odessa Region was created on a scale of 1: 1000000, which includes 396 tourist sites and 801 regional infrastructure objects (roads, railways, bus stations, ports), settlements, hydrography, and developed 6 ring automobile tourist routes throughout the Odessa Region and 1 river route along the Danube River.

Key words – tourism; Odessa Region; GIS-technologies; tourist map, tourist routes.

УДК 528.022.11

КУТОВІ ВИМІРЮВАННЯ ЦИФРОВИМИ ПРИЛАДАМИ

Тревого¹ І., Вовк¹ А., Лісняков² С.

¹ Кафедра геодезії, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013,
E-mail: itrevoho@gmail.com

² Студент ІГДГ, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013

Мета. Мета полягає у дослідженні доцільності перестановок лімба при вимірюванні кутів методом кругових прийомів цифровими приладами. **Основні результати.** Для проведення експерименту відібрано ряд сучасних цифрових приладів (електронних тахеометрів – ЕТ). Вимірювання виконували за двома програмами у шість прийомів. Для семи цифрових теодолітів (ЕТ) виконано вимірювання горизонтального кута, проведено аналіз та оцінка точності отриманих результатів їх нормалізація, виконано кореляційне опрацювання результатів дослідження. **Наукова новизна.** Сучасні геодезичні прилади, зокрема ЕТ на сьогодні виконують задачі у багатьох галузях геодезії, будівництва, економіки та оборони країн. Головною перевагою застосування сучасних ЕТ є їх висока точність та те, що вони можуть здійснювати поставлені задачі в автоматичному або напівавтоматичному режимах за мінімальної участі людини в процесі керування. Однак результати вимірювань залежить від впливу ряду похибок, саме тому підвищення точності вимірювання залишається актуальною проблемою.

Ключові слова: електронний тахеометр, цифровий прилад, кругові прийоми, точність.

Вступ

Вимірювання горизонтальних кутів, оптико-механічними теодолітами, в геодезичних мережах згущення і інженерно-геодезичних мережах здійснюють методом кругових прийомів при кількості напрямків більше двох.

Метод кругових прийомів передбачає вимірювання кількома прийомами, залежно від необхідної точності результатів, з перестановкою лімба між прийомами. З появою цифрових теодолітів вимірювання кутів почали виконувати лише з однією установкою лімба: 0°00'00". Але перехід від оптико-механічних теодолітів до цифрових не передбачає зменшення впливу інструментальних похибок, чи їх повне усунення, тому виникає питання доцільності вимірювання кутів лише з однієї установки лімба і на скільки доцільним буде використовувати перестановки лімба під час вимірювання кутів методом кругових прийомів.

Виклад основного матеріалу

Для проведення експерименту в спеціально обладнаній лабораторії створено геодезичний стенд для вимірювання горизонтальних кутів.

Для проведення експерименту відібрано ряд найпоширеніших сучасних цифрових приладів (ЕТ) різних фірм-виробників та модифікацій..

Кожен прилад встановлювали на незалежний від підлоги та конструкції будівлі бетонний стовп який опирається на корінні породи. Центрування здійснювали примусово, приводили прилад в робочий стан. Візували на фіксовані спеціальні візирні цілі (марки), спочатку на початкову марку, згодом на другу, третю та замикали горизонт, при двох положеннях круга (КЛ та КП).

Вимірювання виконували за 2-ма програмами: «ПРОГРАМА-1» з одного положення лімба (0°) та «ПРОГРАМА-2» із перестановкою лімба (кожні 60°), у шість прийомів. Відстані до візирних цілей становила ~25 м. Всього для семи цифрових теодолітів (ЕТ) було виконано 504 вимірювання горизонтального кута.

Отримавши результати обчислено СКП виміру кута у кожному прийомі для двох програм та їх середні значення, для усіх задіяних в експерименті приладів. Оскільки прилади задіяні в експерименті є різної точності, прийнято рішення провести нормалізацію отриманих результатів (табл.1).

Таблиця 1

Значення нормалізованих коефіцієнтів точності

	Напрям візування			Середнє значення
	1-2	1-3	1-1	
	South NTS-382 R10			
п-м #1	1,04	0,62	0,52	0,73
п-м #2	0,62	0,49	0,66	0,59
	Trimble S3 Series			
п-м #1	0,24	0,15	0,17	0,19
п-м #2	0,26	0,17	0,15	0,19
	Leica-TCRP-1201			
п-м #1	2,90	1,79	1,04	1,91
п-м #2	2,00	1,61	1,05	1,55
	Leica TCR405 ultra			
п-м #1	0,60	0,50	0,60	0,57
п-м #2	0,39	0,57	0,35	0,44
	Sokkia Set-610			
п-м #1	0,52	0,32	0,41	0,42
п-м #2	0,41	0,20	0,41	0,34
	Trimble M3 DR			
п-м #1	0,23	0,96	0,59	0,59
п-м #2	0,37	0,45	0,33	0,38
	Topcon IS301			
п-м #1	0,77	1,10	0,74	0,87
п-м #2	0,43	0,76	0,29	0,50

Як бачимо загальні значення похибок за «ПРОГРАМА-1» і «ПРОГРАМА-2» дорівнюють 0,75 та 0,57 відповідно. Це означає, що виконуючи спостереження першою програмою, яку зазвичай

використовують на виробництві, втрачається до 24,2% точності при вимірюванні горизонтальних кутів.

Графічне представлення нормалізованих коефіцієнтів точності показано на рисунку 1.

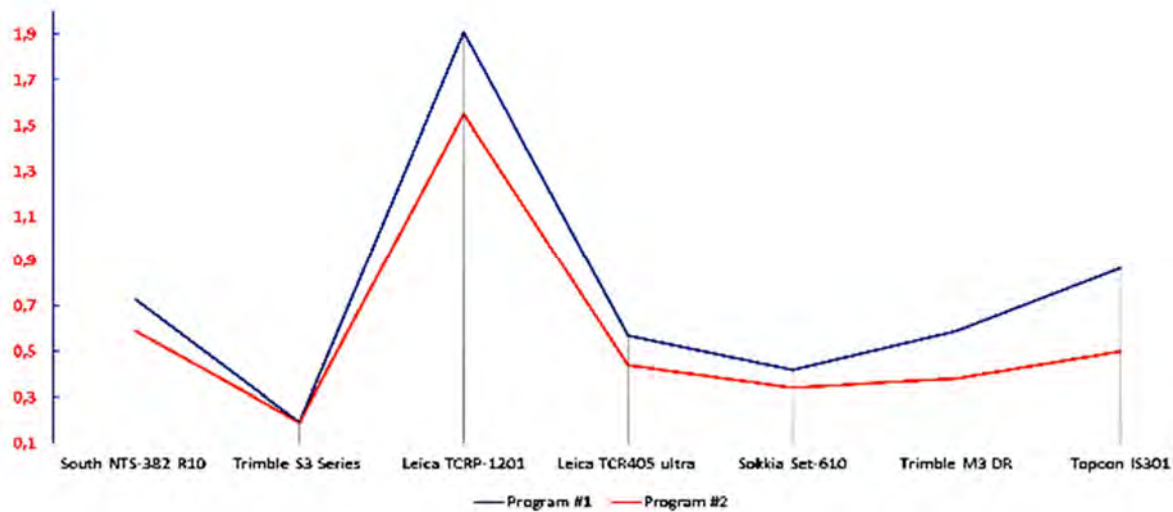


Рис. 1 Зміна нормалізованих коефіцієнтів точності для цифрових теодолітів (ЕТ) залежно від використаних програм вимірювання.

Бачимо, що зміна нормалізованих коефіцієнтів демонструє відмінність використаних програм вимірювання горизонтального кута, а узагальнені значення нормалізованих коефіцієнтів точності СКП вимірювання горизонтального кута засвідчують можливість підвищення точності вимірювання при використанні методу кругових прийомів з перестановкою лімба, у роботі з ЕТ.

Висновки

За результатами проведеного експерименту можна впевнено зробити висновок, що для отримання підвищення точності вимірювання горизонтальних кутів краще використовувати метод кругових прийомів з перестановкою лімба.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Deumlich F. Instrumentenkunde der Vermessungstechnik / F. Deumlich, R. Staiger., 2002. – 426 p. – (9).
- Кузнецов П. Н. Геодезическое инструментоведение / П. Н. Кузнецов, И. Ю. Васютинский, Х. К. Ямбаев. – Москва: Недра, 1984. – 364 с.
- Островський А. Л. Геодезія / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2007. – 508 с.
- Спиридонов А. И. Основы геодезической метрологии / А. И. Спиридонов. – Москва: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2003. – 247 с.
- Тревого И. С. Городская полигонометрия / И. С. Тревого, П. М. Шевчук. – Москва: Недра, 1986. – 199 с.
- Тревого І. С. Геодезичні прилади. Практикум / І. С. Тревого, Т. Г. Шевченко, О. І. Мороз. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 240 с.

ANGLE MEASUREMENTS BY DIGITAL DEVICES

Trevoho¹ I., Vovk¹ A., Lisnyakov² S.

¹ Department of Geodesy, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: itrevoho@gmail.com.

² Student IGDG, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, Ukraine, 79013.

Aim. The purpose of this work is to study the feasibility of using permutations of the limb when measuring the angles by the method of circular techniques by digital theodolites (ET). **Results.** For the experiment, a number of the most common modern digital theodolites (ETs) of different manufacturers and modifications have been selected. Measurement was performed in two programs in six techniques. In total, for the seven digital theodolites (ET) horizontal angle measurements were performed, the analysis and evaluation of the accuracy of the obtained results, their normalization and correlation processing of the research results were performed. **Scientific novelty.** Modern geodetic instruments, in particular digital theodolites (ET), today carry out tasks in many fields of geodesy, construction, economics and defense of countries. The main advantage of the use of modern digital theodolites (ET) is their high accuracy and the fact that they can perform the tasks in automatic or semi-automatic modes with minimal human participation in the control process. However, the results of measurements depend on the influence of a number of errors, which is why increasing the accuracy of the measurement remains an urgent problem.

Key words: digital theodolite, total station, the method of circular techniques, accuracy.

УДК 528.3

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ КООРДИНАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Бурак¹ К. *, Лиско^{2*} Б.

^{1*} Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 7600, E-mail: burak4111945@gmail.com

^{2*} Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 7600, E-mail: 93lisko@gmail.com

Забезпечення необхідної точності виконання основних розпланувальних робіт з використанням GNSS. Доведено, що ортогональну проекцію на горизонтальну площину можна вважати такою, що співпадає з топоцентричною системою координат. Наведені технологічні рішення вирішують такі основні проблеми при виконанні розмічувальних робіт на будівельному майданчику, як забезпечення нормативної точності при використанні GNSS без необхідності врахування поправок викликаних проектуванням на референц-еліпсоїд та на дотичний циліндр в проекції Гауса-Крюгера (УСК-2000). Розроблено алгоритм виконання розпланування GNSS приймачем безпосередньо у топоцентричній системі координат, що дозволяє не враховувати поправки викликані проектуванням на референц-еліпсоїд, дотичний циліндр в проекції Гауса-Крюгера, або січний в проекції UTM.

Ключові слова – топоцентрична система координат; координати; розпланувальні роботи; УСК 2000; GNSS.

Вступ

Забезпечення необхідної точності виконання вишукувальних та розмічувальних інженерно-геодезичних робіт для будівництва, є відповідальним та трудомістким процесом. Найбільш перспективними, на нашу думку, при створенні геодезичної розмічувальної мережі будівництва є використання Real Time Networks (RTN) вимірів (з використанням мереж референсних станцій), про які навіть не згадується в чинних, найбільш сучасних нормативних документах [ДБН В.1.3.-2:2010; Інструкція з топографічного знімання] хоча переваги RTN методів (виміри можна виконувати одним приймачем, одержувати результати без пост опрацювання практично за секунди [Бурак К.О., 2017; Бурак К.О., 2018; Smith D., 2014; Kizil U., 2011] тощо) є більш ніж очевидні.

Звичайно координати елементів будівництва відомі у проектній системі координат генплану (будівельної сітки), а геодезична розмічувальна основа згідно нормативних документів в УСК-2000. При використанні GNSS вимірів, виникає задача встановлення параметрів переходу між цими системами з можливістю врахування як редуційних поправок викликаних проектуванням на референц-еліпсоїд, дотичний циліндр в проекції Гауса-Крюгера, або січний в проекції UTM, так і відбракування похибок вимірів.

Методика

Для більшості інженерно геодезичних робіт, зокрема геодезичного супроводу будівництва, є необхідність визначення та винесення в натуру саме натуральних віддалей та кутів [Войтенко С.П., 2009; Медведський Ю.В., 2010]. У той же час координати опорних пунктів самого генплану, відомі у проекції Гауса-Крюгера у поєднанні з нормальною висотою (УСК 2000 та похідні від неї 26 місцевих систем координат, в подальшому будемо їх називати картографічними). Визначені за цими картографічними координатами довжини ліній, відрізняються від проектних на величину, зумовлену проектуванням на референц-еліпсоїд (поправка ΔH) та на дотичний циліндр в проекції Гауса-Крюгера, або січний в проекції UTM (поправка ΔL). Оскільки поправки ΔL і ΔH із протилежними знаками, то частково загальна поправка компенсується. Ця загальна поправка за перехід на площину в проекції Гауса-Крюгера як і UTM матиме вигляд

$$\frac{D_{ред}}{S} = \frac{D_L + D_H}{S} = \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} - \frac{H_m}{R_m} \right) \quad (1)$$

де H_m – середня висота вимірної сторони, для будівельного майданчика; S – горизонтальне прокладення віддалі між точками; R_m – середній радіус кривизни еліпсоїда; y_m – середнє значення із перетворених ординат кінців лінії.

Доведемо, що для будівельного майданчика ортогональна проекція на горизонтальну площину може вважатись такою, що співпадає з топоцентричною системою координат. При такому виборі координатної площини, напрямки та довжини ліній теоретично повинні відрізнятись на величини, викликані відхиленням прямовисної лінії від нормалі при переході на референц-еліпсоїд [Савчук С.Г., 2000; Bonenberg L. K., 2014].

Оскільки геодезичні роботи проводяться на розпланованій місцевості приймемо, що максимальний ухил будівельного майданчика не перевищує 5° тоді максимальне значення

поправки у горизонтальний кут за відхилення прямовисної лінії від нормалі складе

$$n_{\max} = h \operatorname{ctg} \alpha = 0,09h \quad (1)$$

Середнє відхилення прямовисних ліній на території України складає $4 \div 5''$, а у гірських районах може сягати $30''$ [Двуліт П. Д., 2012], що впливає на поправку у визначений напрямок не більше $1''$. Згідно даного розрахунку можна стверджувати, що впливом на напрямки викликаним відхиленням прямовисної лінії із нормаллю можна нехтувати, коли розпланувальні роботи виконуються на території обмеженій розмірами будівельного майданчика.

При розплануванні житлових масивів, чи великих об'єктів складної конфігурації використання проектної системи координат (генплану), в якій осі координат паралельні лініям

забудови, є зручним з точки зору спрощення розрахунків для виносу, як осей споруд, так і підземних комунікацій. Рис. 1, (частина якого запозичена нами з відомої монографії [Баран П.І., 2012]), переконливо показує переваги використання системи координат генплану при розмічуванні роботах. Однією з яких є те, що розрахунок координат пункту у випадку паралельності лініям забудови осей координат зводиться до сумування технологічних розмірів будівлі та запроєктованих віддалей між ними, що практично усуває можливість помилок під час обчислень. При наявності робочих креслень в AutoCad, координати можна визначити безпосередньо з комп'ютера, сформувавши автоматично файл для розмічувальних робіт за допомогою електронного тахеометра чи GNSS приймача.

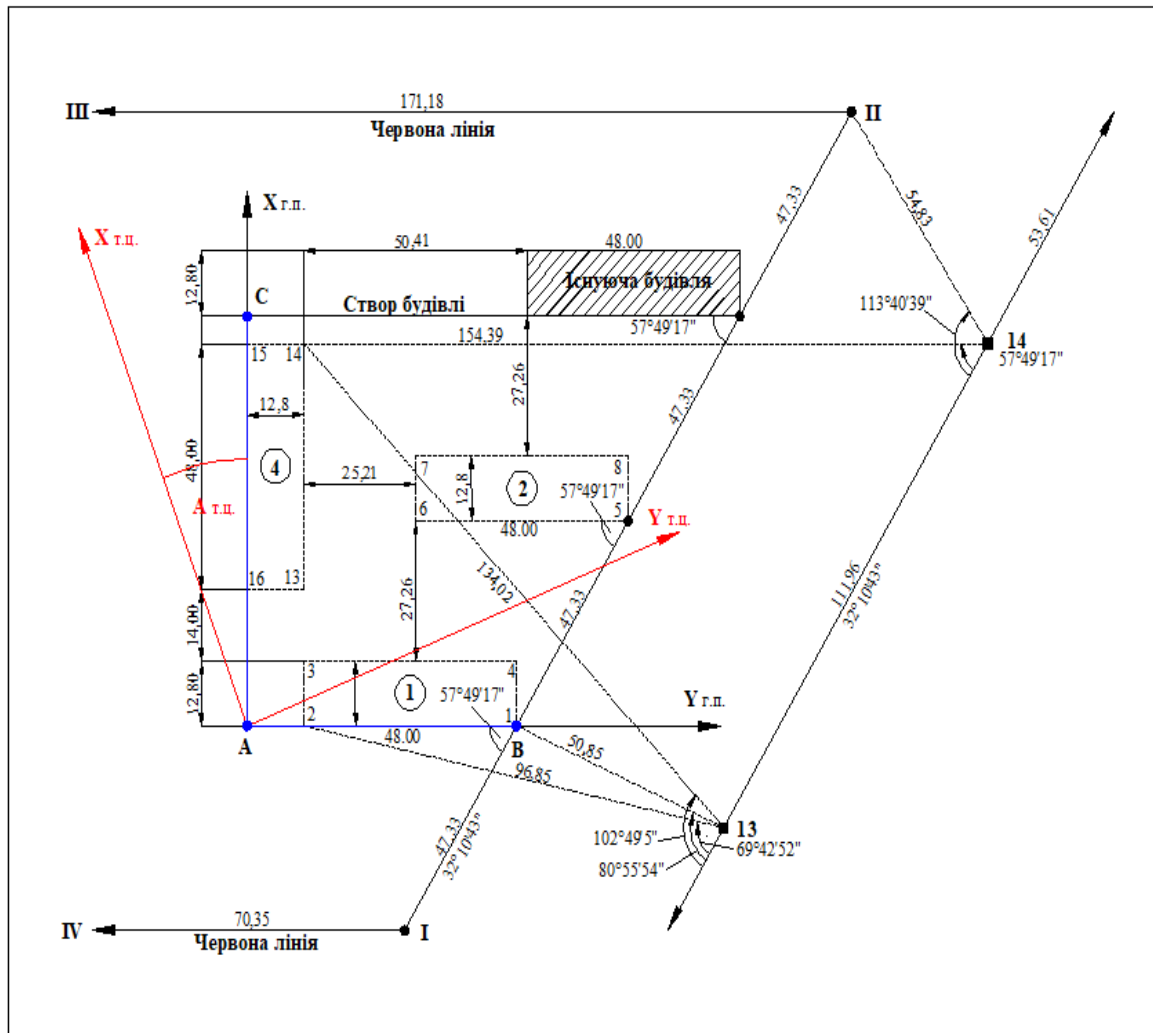


Рис. 1 Розмічувальне креслення групи будинків мікрорайону

За технологічними розмірами визначаємо проектні координати (система координат генплану) всіх пунктів існуючої геодезичної основи і кінців базисних ліній

(паралельних до осей генплану) від яких будемо вести розпланування споруди, або комплексу пов'язаного єдиним технологічним циклом. Враховуючи вірогідність

знищення одного з пунктів при проведенні земляних робіт, на промайданчику рекомендуємо закріплювати мінімум дві базові лінії.

При роботі в Українських мережах референтних станцій ми можемо безпосередньо визначити геодезичні координати B, L, H , або картографічні координати УСК-2000. Розрахунок в цих системах координат і розпланувальних елементів для виносу проектних точок ускладнений тим, що слід враховувати редуційні поправки. Тому рекомендується за допомогою GNSS приймача знаходити геодезичні координати точок базису та обчислювати відповідні їм геоцентричні координати за відомими формулами

$$\begin{cases} X = (N + H) \cos B \cos L \\ Y = (N + H) \cos B \sin L \\ Z = (N(1 - e^2) + H) \sin B \end{cases} \quad (3)$$

Прийнявши пункт A початком координат для проектної та топоцентричної системи координат, знаходимо відносно нього координати всі точки у топоцентричній системі координат. Спочатку знайдемо для топоцентру A матрицю перетворень:

$$P_A = \begin{pmatrix} \sin B_A \cos L_A & -\sin L_A & \cos B_A \cos L_A \\ \sin B_A \sin L_A & \cos L_A & \cos B_A \sin L_A \\ \cos B_A & 0 & \sin B_A \end{pmatrix} \quad (4)$$

та топоцентричні координати пунктів базисних ліній

$$\begin{pmatrix} x_i^{m.u.} \\ y_i^{m.u.} \\ z_i^{m.u.} \end{pmatrix} = P_A^T \begin{pmatrix} X_i - X_A \\ Y_i - Y_A \\ Z_i - Z_A \end{pmatrix} \quad (5)$$

Обчисливши топоцентричні координати пунктів опорного базису, визначаємо всі розмічувальні елементи. Розглянемо варіанти розв'язку даної задачі.

Класично центр топоцентричної системи координат стараються співставити із центром проектної системи координат. Тоді зв'язок між даними системами буде здійснюватись через кут повороту. Оскільки базисна лінія AB співпадає із віссю X у проектній системі координат то топоцентричний азимут цього базису буде кутом повороту між двома системами координат

$$A_{\text{поч}} = \arctg \frac{X_A - X_B}{Y_A - Y_B} \quad (5)$$

Далі перераховуємо координати всіх елементів будівництва у топоцентричну систему, як у прямій геодезичній задачі

$$x_{m.u.} = S \cos A, y_{m.u.} = S \sin A$$

де S – проектна віддаль задана на генплані; A – топоцентричний азимут до i -тої точки, $A = A_{\text{поч}} + \beta$

β – проектний азимут до i -тої точки; $A_{\text{поч}}$ – геодезичний (від площини геодезичного меридіану) азимут базисної лінії. Вище описаний азимут визначається із результатів GNSS вимірів на точках базису.

Альтернативою запропонованого способу може бути пошук параметрів перетворення за відомими формулами, які наведено в координатному вигляді для зручності програмування. Розглянемо задачу трансформування координат у двовимірному полі. Афіне трансформування будь якої точки з однієї системи $X_{m.u.}, Y_{m.u.}$ координат до іншої $X_{z.n.}, Y_{z.n.}$ можна представити у вигляді:

$$\begin{pmatrix} x_i^{m.u.} \\ y_i^{m.u.} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos Q & \sin Q \\ \sin Q & \cos Q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_i^{z.n.} \\ y_i^{z.n.} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Для визначення параметрів трансформування (X_0, Y_0, Q) у такому варіанті потрібно мати координати хоча б трьох ідентичних пунктів в системі координат генплану і прийнятій топоцентричній системі. У випадках коли кількість суміщених точок більше трьох, то всі пункти слід згрупувати та поділити на скінченну кількість трикутників. Після чого за всіма комбінаціями розраховують усі можливі варіанти параметрів трансформування та вирівнюють їх, розв'язуючи задачу апроксимації. Часто використовується розчленування області на трикутники методом Делоне або трансформування методом скінченних елементів (лінійні базисні функції трикутного скінченного елемента) [Савчин І. Р., 2016].

Кращим рішенням для пошуку оптимальних параметрів трансформування на нашу думку буде використання цільової функції, яка базується на мінімізації довжин векторів зміщення i -тої точки S_i^2 після її перерахунку в іншу систему та порівняння їх з існуючими методами.

$$S_i^2 = (X_0 + x_i^{z.n.} \cos Q - y_i^{z.n.} \sin Q - x_i^{m.u.})^2 + (Y_0 + x_i^{z.n.} \sin Q + y_i^{z.n.} \cos Q - y_i^{m.u.})^2 \quad (8)$$

$$\text{min}$$

Такий порядок розв'язку задачі дозволяє знайти та відбракувати пункти із грубими похибками у координатах. Розрахувавши параметри перетворення між двома системами координат, знаходимо координати всіх елементів будівництва у топоцентричній системі координат

$$\begin{cases} x_i^{m.u.} = X_0 + x_i^{z.n.} \cos Q - y_i^{z.n.} \sin Q \\ y_i^{m.u.} = Y_0 + x_i^{z.n.} \sin Q + y_i^{z.n.} \cos Q \end{cases} \quad (8)$$

Маючи координати всіх елементів будівництва у топоцентричній системі перейдемо до прямокутних геоцентричних координат, у яких за допомогою GNSS ми винесемо їх на місцевість

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} + P_A \begin{pmatrix} x_i^{m.u.} \\ y_i^{m.u.} \\ z_i^{m.u.} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Використовуючи GNSS приймач, за знайденими координатами WGS-84 виносимо і закріплюємо в натурі головні та основні осі. Для контролю виносимо ці ж точки від базових ліній електронним тахеометром, так як це описано в роботі [5].

Висновки

Розроблено практичні рекомендації для створення геодезичної розмічувальної основи на будівництві, що забезпечують необхідну планову точність згідно діючих норм. Використання RTN методу значно зменшують затрати часу на виконання геодезичних робіт на будівельному майданчику.

Запропоноване аналітичне рішення задачі трансформування дозволяє забезпечити необхідну точність винесення в натуру RTN методом запроєктованих розмірів будівель шляхом пошуку оптимальних параметрів трансформації між системою координат генплану та топоцентричною. Запропонована цільова функція дозволяє знайти та відбракувати найслабші пункти у опорній геодезичній мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Баран П. І. Інженерна геодезія / Петро Іванович Баран. – Київ: ВІПОЛ, 2012. – 618 с. – (ISBN 978-966-646-125-7).
- Бурак К.О., Лиско Б. О. Результати дослідження точності RTN методу GNSS вимірів єдиним (вихідним) базовим рішенням та можливості його використання для розмічувальних робіт при будівництві. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2017. № 27. С 145–150.
- Бурак К.О., Лиско Б. О. Exploring the accuracy of lengths constructions when solving the engineering geodesy issues with RTN method. Geodesy, Cartography and Aerial Photography. 2017. № 85. С. 5–12
- Бурак К.О., Лиско Б. О. The possible uses of RTN solutions for markup works on construction. Geodesy, Cartography and Aerial Photography. 2018 № 87. С. 18–23.
- Бурак К. О. Технологія розпланувальних робіт і виконавчих знімань з використанням TPS. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2011. №75. С. 53–57.
- Войтенко С. П., Шульц Р. В., Медведський Ю. В. Сучасні методи передачі координат пунктів просторової геодезичної мережі на монтажний горизонт. Будівництво України: наук.-виробн. журнал. К., 2009. Вип. № 9–10. С. 21–24.
- ДБН В.1.3.-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів в будівництві. Геодезичні роботи в будівництві. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 70 с.
- Двуліт П. Д., Джуман Б. Б., Смелянєць О. В. Модель гравіметричних складових відхилень прямовисних ліній території України за даними EGM 2008. Геодинаміка: Наук.-техн. зб. Л.: НУ “Львівська політехніка”, 2012. № 1(12). С. 30–35.

Иванов Н. И. О выборе поверхности проектирования триангуляции при инженерно-геодезических изысканиях и городских съемках. Геодезия и картография. 1957. № 2, С. 36–39.

Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=350>

Савчин І. Р., Дума М. В. Оптимізація опорної ГНСС-мережі Дністровської ГАЕС. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2016. С. 17–24.

Савчук С.Г. Вища геодезія (Сфероїдна геодезія).- Львів: Ліга-Прес, 2000.-248 с.

Медведський Ю. В. Методика експериментальних досліджень точності побудови геодезичної основи на монтажному горизонті GNSS-методом. Інженерна геодезія: наук.-техн. збірник. К.: КНУБА, 2010. Вип. 56. С. 53–56.

Analysis of the TXDOT RTN and OPUS-RS from the geoid slope validation survey of 2011: Case study for Texas / D. Smith, K. Choi, D. Prouty, et al., eds. Journal of Surveying Engineering. – 2014. 140. DOI: 10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000136, 05014003.

Bonenberg L. K. Closely-coupled integration of Locata and GPS for engineering applications: PhD thesis. University of Nottingham, 2014. 184 p.

Kizil U., Tisor L. Evaluation of RTK-GPS and Total Station for applications in land surveying. Journal of Earth System Science. 2011. №120. С. 215–221.

SOME PROBLEMS OF COORDINATE PROVISION OF ENGINEERING AND GEODESIC WORKS

Burak¹ * K., Lysko² * B.

¹ *. Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, E-mail: burak4111945@gmail.com

² *. Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15 Karpatska Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, E-mail: 93lisko@gmail.com

The security required to test it was disclosed for GNSS. It is proved that an orthogonal projection on a horizontal plane can be achieved that coincides with a topocentric system that is coordinated. The following technological solutions address the following major problems in the construction of on-site construction works, generally used when using GNSS and the need to take into account the corrections applicable to the reference ellipsoidal design and the tangent cylinder in the Gauss-Kruger project. Novelty research. Minimization of systematic polychemical projects to a reference ellipsoid, tangent cylinder in Gauss-Kruger projects, or January in UTM projects.

Keywords – topocentric coordinate system; coordinates; planned works; USK 2000; GNSS.

УДК 528.18

КАРТОГРАФУВАННЯ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ МІСТА ЛЬВОВА

Яблінський Р., Лозинський В.

Кафедра картографії та геопросторового моделювання,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail:
roman1998roman2018@gmail.com

В роботі проаналізовано транспортна мережа електротранспорту міст України та Європи. Створено карту-схему руху трамваїв та тролейбусів для м. Львова станом на 2020 рік.

Ключові слова – Карта; мережа електротранспорту; бази геопросторових даних; трамвай, тролейбус;

Вступ

Міський електричний транспорт – складова частина єдиної транспортної системи призначена для перевезення громадян трамваями, тролейбусами, поїздами метрополітену на маршрутах (лініях) відповідно до вимог життєзабезпечення населених пунктів. Розвиток міського електротранспорту в різних країнах та містах відбувається по різному. Наразі в Україні міський електротранспорт є в кожному обласному місті України (крім Закарпаття), а також ще в 35 містах. Лідерами по кількості трамваїв і тролейбусів вважаються такі міста як Київ та Одеса. До прикладу так виглядає мережа електротранспорту м. Києва та Одеси (Рис. 1-2).



Рис.1 Фрагмент схеми електротранспорту м.Київ



Рис.2 Фрагмент схеми електротранспорту м.Одеса

Мета роботи

Аналіз та побудова карти мережі електро-транспортного міста Львова із застосуванням сучасних ГІС технологій. Для досягнення поставленої мети є необхідним вирішення таких завдань: огляд і короткий аналіз транспортної мережі м. Львова та інших міст Європи, створення бази даних зупинок громадського транспорту, побудова маршрутів трамваїв та тролейбусів станом на 2020 рік.

Постановка завдання

Перший трамвай на вулицях Львова з'явився в листопаді 1879 року (Рис.3.) Був він не електричний, а кінний. Кінний трамвай збудувало приватне Трієстинське трамвайне товариство[<https://photo-lviv.in.ua/a-konej-kupuvaly> -].



Рис. 3. Відкриття першого трамвая м. Львів 1879р.

Всього було дві лінії, які постали до 1881 року – від залізничного вокзалу до площі Митної та на Підзамче. Йосиф Томицький уклав план розвитку енергетичного і трамвайного господарства., який передбачав будівництво нової потужної електростанції змінного струму на Левандівці – Білогірші (біля залізничних колій на Мостиська, Стрий і Раву-Руську), а також потужну розбудову трамвайних ліній.



Рис. 4. Перший план електротранспорту м.Львів

В першу чергу було заплановано викупити лінії кінного трамвая і провести їх електрифікацію,

паралельно із цим збудувати трамвайні лінії на Францівку (район Коновальця), Високий Замок та по вулиці Зеленій і Кохановського (Костя Левицького) до Личаківського цвинтаря, де вона мала з'єднатися із існуючим відгалуженням. На другому етапі трамвайні колії мали прийти на Замарстинів і Підзамче, а на третьому – сягнути Брюхович. [<https://photo-lviv.in.ua/dovha-istoriya>]

Йосиф Томицький продовжував керувати Львівським трамваєм і електростанцією і під час Першої світової війни. На початку 1920-х він керує процесом післявоєнної відбудови трамвая і системи енергопостачання, організовує будівництво нових трамвайних ліній.

Аналіз транспортної мережі Європи

На даний час в місті Львові курсують 9 трамваїв та 9 тролейбусів, кожен з яких має певний маршрут. У Львові є кілька видів електротранспорту: старенькі, але модернізовані трамваї та тролейбуси Tatra KT4D, а також подібні користовані моделі, придбані в Європі у 2007 – 2008, 2013 та 2018 роках, і українські “Електрони” T5L64 і T3L44. За попередніми даними “Львівелектротрансу”, у грудні 2019 року вулицями міста курсувало 62 тролейбусних і 82 трамвайних вагони. До 15 січня пасажирів платили по 5 гривень за проїзд, і по 2,5 гривні – студенти й учні шкіл, зараз ціну підвищили до 6 гривень (якщо купувати у електронному вигляді) та 7 гривень (якщо купувати квиток у водія), пільговий квиток, відповідно коштує тепер 3 і 3,5 гривні. Ціни на абонементи залишили старі: 150 – 160 гривень за проїзний на 30 днів, 40 гривень – за туристичний проїзний на 3 дні, квартальний абонемент можна купити за 420 гривень.



Рис. 5 Схема електротранспорту м. Львова

Натомість у столиці Польщі дуже добре налагоджена транспортна система: місто поділене на дві зони. 1 (власне місто) та зону 2 (найближче передмістя). У місті є 26 трамвайних маршрутів,

які доступні для пасажирів з 5:00 до 23:00. Вартість квитків дуже різна, так купити квиток на 20 хвилин за 3,40 злотих (1,7 злотих – пільговий) або одноразовий пересадочний на 75 або 90 хвилин за 4,40 (2,2) або 7 (3,5) злотих. Ціни на добові квитки коливаються в межах 7 – 26 злотих; “вікендові” квитки – 12 – 40 злотих; групові квитки для 10 людей на 75 хвилин по 22 злотих та групові “вікендові” квитки на 5-ьох осіб за 40 злотих. Проїзні у Варшаві іменні та видаються на 30 днів у 1-й та 2-й зонах окремо за 55 – 112 злотих або на обидві зони за 105–230 злотих. Є також абонементи на 90 днів, картки “варшав’янина” і “молодого варшав’янина” і проїзні для туристів на 30 та 90 днів. Також, 2018 року Варшава взагалі відмовилась від продажу квитків у водія.

Загалом у Празі є 31 трамвайна лінія, на яких курсує понад 700 вагонів. Особливістю чеської транспортної системи є те, що квиток на проїзд (jízdenka) підходить для проїзду у всіх видах транспорту з пересадками, і обмежений він лише в часі. Так, можна купити квиток на 30 хвилин за 24 чеські крони (12 крон для дітей до 15 років), на 90 хвилин за 32 крони (16 крон для дітей), на добу – за 110 крон (55 крон для дітей), на 72 години – за 310 крон (пільгових квитків немає), діти до 5 років користуються цими послугами безкоштовно, так само як і люди від 70 років. [<https://photo-lviv.in.ua/josyf-tomyczkyj>]



Рис.6 Трамвай у Празі

У столиці Нідерландів з 2010 року запровадили комплексну систему продажу квитків, яка дозволяє подорожувати містом за допомогою єдиної електронної чіп-карти OV. У столиці є 15 трамвайних маршрутів та близько 50 автобусних, діє Amsterdam CityCard, яка дозволяє користуватись усіма видами транспорту, включно з велосипедами, відвідувати музеї, покататись на кораблику. Такі картки діють упродовж 24, 48, 72, 96, 120 годин та коштують від 65 до 130 євро. Є квитки на 1 чи 1,5 години за 3,2 – 6,5 євро; проїзні на 1 день, дитячі проїзні на день та на кілька (від 2 до 7) днів, коштують вони в межах 4 – 37 євро. [<https://www.032.ua/news/2632496/ak-vigladae-elektrotransport>]

Виклад основного матеріалу

Основними матеріалами для поставленої мети слугували наступні зображення отримані із ресурсу Google Earth. Також для виконання роботи було використано програму проєкт ArcGIS в якій здійснювалась векторизація маршрутів та зупинок електротранспорту м.Львова.

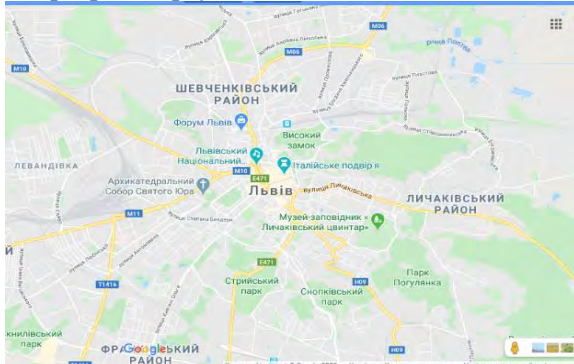


Рис. 7. Фрагмент космічного знімку з ресурсу Google Earth. для м. Львів

Для векторизації маршрутної мережі, маючи знімок м.Львова на якому було створено шари із даними місцями зупинок та маршрутів.

Для цього нами було створено базу геопросторових для кожного з маршрутів трамваїв та тролейбусів де була внесена інформація про назви зупинок та їх координати (Рис.8)

№	Назва	Координати
1	Правий	Зворотний
2	вул. Гринченка (скав'яри)	
3	вул. Пушкова (сина 30)	
4	Площа вільної демократії (Київська площа)	
5	вул. Пилипа Орлика (ресторан "Беларусь")	
6	вул. Гетьмана Мазеви (Спартак)	
7	Заморський (Спартак-АДС)	
8	Голоско (Спартак)	
9	вул. Варшавська (парк "700 річок")	
10	Парк 700 річок Львова (Арсен)	
11	Шевченківська районна лікарня (Литератур)	
12	вул. Хмельна (Лікарня, Національна)	
13	вул. Пашкевича Куліша (Форум)	
14	пр. В'єнська Народна (Гетьманська)	
15	Тролейбусна станція (Спартак-АДС)	
16	вул. Івана Підкова (наметковий торговельно-сервісний)	
17	вул. Річка ("Добрий")	
18	пр. В'єнська Народна (Малевич)	
19	Палац культури ім. Галика Хотимського (Палац "Хотимський")	
20	вул. Хмельна (Лікарня)	
21	Шевченківська районна лікарня (Національна)	
22	Парк 700 річок Львова (Парк 700 річок)	
23	вул. Варшавська (Храм Троиці святої)	
24	Голоско	

Рис.8 База даних зупинок електротранспорту м. Львова станом на 2020 рік.

Для укладання карти-схеми нами виконано прив'язку знімка, обрано систему координат та створено шейп-файли лінійних (маршрутів) та точкових (зупинок). В подальшому такі дії виконано для 9 трамваїв та 9 тролейбусів м. Львова.

В результаті роботи в програмному проєкті ArcGIS отримали схему маршрутів та місць зупинок. Вона відображає мережу міського електротранспорту м.Львова. Для того щоб схема була більш докладною, на ній вказані всі назви зупинок.



Рис.9. Схема руху трамваїв та тролейбусів м. Львів.

Висновки

1. В результаті опрацювання транспортної мережі м. Львова було створено схему руху трамваїв та тролейбусів та вказано місця зупинки кожного з них.

2. Проведена порівняльна статистика між електротранспортом Львова та містами Європи. Визначено основні переваги та недоліки мереж електротранспорту міст Європи: Варшави, Праги та Амстердаму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Електронний ресурс
<https://www.032.ua/news/2632496/ak-vigladae-elektrotransport-u-lvovi-ta-evropi-j-silki-kostue-proizd-u-nomu-foto?fbclid=IwAR2iGGrh1CJlCvImz5gN4kgyev3YVG3I-zUESrXFOE6L>
https://photo-lviv.in.ua/a-konej-kupuvaly-v-mostyskah-ta-berdychevi-abo-istoriya-lvivskoho-kinnoho-tramvaya/?fbclid=IwAR1bevYef4uqFVUmxxgRvN0GGQt2YwjhLEl_IPJq7x0K5VeydRXfijhws
https://photo-lviv.in.ua/dovha-istoriya-lvivskoho-tramvaya/?fbclid=IwAR0KUGugOC-d0gibD0_LTZLGbIdTeyQZ74Gd9KHMVBIT0IsNbh3iANq2rs4

MAPPING OF LVIV TROLLEYBUS & TRAM ROUTES

Yablinskyi R., Lozynskyi V.

Department of Cartography and Geospatial Modeling, Lviv Polytechnic National University, vul. Bandera 12, Lviv, Ukraine, 79013, Email: roman1998roman2018@gmail.com

The paper analyzes the transport network of electric transport in cities of Ukraine and Europe. Created the map of the movement of trams and trolleybuses for the city of Lviv as of 2020.

Keywords – Map; network of electric transport; spaces of geospatial data; tram, trolleybus.

УДК 528.18

РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ ЕЛЕКТРОННИМИ ТАХЕОМЕТРАМИ У РОЗРЯДНІЙ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ

Літинський^{1*} В., Тарнавський^{2*} В.

1*. Кафедра геодезії, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, e-mail: volodymyr.o.litynskyi@lpnu.ua

2*. Кафедра геодезії, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, e-mail: volodymyr.l.tarnavskyi@lpnu.ua

Метою роботи є дослідження можливості використання електронних топографічних тахеометрів для прокладання полігонометричних ходів 4 класу та 1, 2 розрядів. Теоретично показано, що електронні топографічні тахеометри можна використовувати для прокладання полігонометричних ходів.

Ключові слова – електронні топографічні тахеометри; полігонометрія; хід; зсув; розряд; клас.

Вступ

На сьогоднішній день більшість полігонометричних ходів прокладають електронними топографічними тахеометрами. С.к.п. вимірювання кута такими тахеометрами 5", інструкція [1] вимагає вимірювати горизонтальні кути, наприклад, в полігонометричних ходах 4 класу приладами с.к.т. яких 2".

Як відомо, зігнуті полігонометричні ходи, які мають однакові характеристики із витягнутими, є точнішими. Отже, виконавши розрахунки для витягнутих ходів ми задовольнимо і точність зігнутих ходів.

Для витягнутих ходів з попередньо ув'язаними кутами с.к.п. M положення пункта полігонометричного ходу в найслабшому місці обчислюють

$$M^2 = m_s^2 \cdot n + \frac{m_b^2}{r^2} L^2 \frac{n+3}{12} \quad (1)$$

Тут m_s – с.к.п. вимірюної середньої сторони ходу, n – кількість сторін, m_b – с.к.п. вимірюного кута, L – довжина ходу.

Позначимо через t поздовжній зсув

$$t = m_s^2 \cdot n \quad (2)$$

а через u поперечний

$$u = \frac{m_b^2}{r^2} L^2 \frac{n+3}{12} \quad (3)$$

У курсі геодезії, розраховуючи допуск на похибки лінійних, чи кутових вимірювань приймають, що t дорівнює u . Тоді

$$M^2 = t^2 + u^2 = 2t^2 = 2u^2 \quad (4)$$

$$M = t\sqrt{2} = u\sqrt{2} \quad (5)$$

Відомо що

$$\frac{M}{L} = \frac{1}{T} \quad (6)$$

Підставивши у (6) значення M із (5), матимемо

$$\frac{t\sqrt{2}}{L} = \frac{u\sqrt{2}}{L} = \frac{1}{T}. \quad (7)$$

Звідси маючи довжину ходу L та знаменник відносної нев'язки T можемо розрахувати допустимий поздовжній t та поперечний u зсуви

$$t = \frac{L}{T\sqrt{2}}, \text{ а } u = \frac{L}{T\sqrt{2}} \quad (8)$$

Тепер прирівнявши значення поперечного зсуву u із (8) з його значенням із (3), обчислимо m_b (Νοιὰδιὰ) – сумарну похибку всіх шести джерел вимірювання горизонтальних кутів.

$$\frac{L}{T\sqrt{2}} = \frac{m_b(\text{Νοιὰδιὰ})}{r} L \sqrt{\frac{n+3}{12}},$$

звідси

$$m_b(\text{Νοιὰδιὰ}) = \frac{r}{T\sqrt{2}} \sqrt{\frac{12}{n+3}}.$$

І, наприклад, для 4 класу полігонометрії $T = 25000$; $n = 15$

$$m_b(\text{Νοιὰδιὰ}) = \frac{206265}{25000\sqrt{2}} \sqrt{\frac{12}{15+3}} = 4.7\text{''}$$

1 розряд $T = 10000$, $n = 15$, і $m_b(\text{Νοιὰδιὰ}) = 12\text{''}$

2 розряд $T = 5000$, $n = 15$, і $m_b(\text{Νοιὰδιὰ}) = 24\text{''}$

Інструкція вимагає щоби $m_b(\text{Νοιὰδιὰ})$ для 4 класу – 3", для 1 розряду – 5", для 2 розряду – 10". Такі вимоги інструкції пов'язані з тим, що нам потрібно мати запас точності через складнощі урахування деяких похибок, наприклад бокової рефракції.

Під час вимірювання лінії дротами, а кутів теодолітами, формули (5), напевно задовольняли виконувани розрахунки точності. Розглянемо чи відповідають ці розрахунки вимірюванням, які виконують топографічними електронними тахеометрами.

Нехай похибка вимірювання температури, яку можна отримати за допомогою мобільного телефону, у місці виконання вимірювань ліній ходу дорівнює 5°C, що призведе до похибки вимірювання лінії довжиною 1 км – $m_{s_p} = 5$ мм.

Похибка вимірювання тиску – 5 мм. рт. ст. призведе до похибки вимірювання лінії 1 км – $m_{s_p} = 2,5$ мм.

Приладова похибка, визначена на взірцевому базисі 2-го розряду (точність базиса – 2 мм) не перевищуватиме $m_{s_{il}} = 5$ мм.

Похибка зведення лінії завдовжки 1 км до горизонту з перевищенням 50 м, через 20" похибку вимірювання вертикального кута дорівнюватиме 5 мм.

Похибка власне вимірювання лінії завдовжки 1 км, обчислена за формулою лінійної регресії

$$m_D = [a_{ii} + b_{ii} \cdot D(\text{єі})] \text{іі} = 2 + 2 \cdot 1 = 4 \text{іі}.$$

Отже сумарна похибка вимірювання лінії завдовжки 1 кілометр не перевищуватиме

$$m_S = \sqrt{m_{S_i}^2 + m_{S_p}^2 + m_{S_{ii}}^2 + m_{S_b}^2 + m_D^2}$$

$$m_S = \sqrt{5^2 + 2,5^2 + 5^2 + 5^2 + 4^2} @ 10 \text{іі}.$$

Для ходу із максимальною довжиною 14 км і середньою довжиною сторони ≈ 1 км та максимальною кількістю сторін 15.

Поздовжній зсув, згідно із (3) дорівнюватиме

$$t^2 = m_S^2 \cdot n$$

$$t = m_S \sqrt{n} = 10 \sqrt{15} = 39 \text{іі}.$$

Поперечний зсув, для досі описаних даних і вимоги інструкції, згідно із (3) дорівнюватиме

$$u^2 = \frac{m_b^2}{r^2} L^2 \frac{n+3}{12}$$

$$u^2 = \frac{3^2}{206265^2} 14000^2 \frac{15+3}{12}$$

$$u = 250 \text{іі}.$$

Звідси

$$\frac{u}{t} = \frac{250}{39} = 6,$$

а

$$u = 6 t, \quad (9)$$

і

$$t = \frac{u}{6}. \quad (10)$$

Отже подальші розрахунки виконуватимемо згідно із співвідношеннями (9 та 10).

Як відомо середня квадратична похибка положення найслабшого пункта ходу згідно із (4) дорівнює

$$M^2 = t^2 + u^2. \quad (11)$$

Підставимо (11) в (10) і тоді

$$M^2 = \frac{u^2}{36} + u^2 = \frac{37u^2}{36} = 1.03 u^2,$$

а

$$M = 1.01' u. \quad (12)$$

Підставивши (12) у (6), отримаємо допустиму відносну похибку виражену через поперечний зсув ходу

$$\frac{u}{L} = \frac{1}{1.01' T}, \quad (13)$$

і звідси

$$u = \frac{L}{1.01' T}. \quad (14)$$

Згідно із (3) для ходу з попередньо ув'язаними кутами поперечний зсув дорівнює

$$u = \frac{m_{\text{€}}}{r \text{ €}} \times L \sqrt{\frac{n+3}{12}}. \quad (15)$$

Розв'яжемо (15) відносно $m_{\text{€}}$

$$m_{\text{€}} = r \text{ €} \times \frac{u}{L} \times \sqrt{\frac{12}{n+3}}. \quad (16)$$

Підставимо у (16) замість u його значення із (15), матимемо:

$$m_{\text{€}} = \frac{r \text{ €}}{1.01' T} \times \sqrt{\frac{12}{n+3}}. \quad (17)$$

Для ходу полігонометрії 4 класу, з досі описаними параметрами матимемо

$$m_{\text{€}} (\text{Ноіаііа}) = \frac{206265}{25000' 1.01} \times \sqrt{\frac{12}{18}} = 6.7''.$$

Для 1 розряду – 16'', а 2 розряду – 33''.

Як бачимо, для вимірювання кутів в полігонометричних ходах, які прокладають топографічними електронними тахеометрами с.к. похибка вимірювання кута більша від с.к. похибки вимірювання кута одним прийомом топографічними електронними тахеометрами, що підтверджує те, що цими тахеометрами можна прокладати будь-які ходи розрядної полігонометрії. А кількість прийомів для 4 класу – 4, 1 розряду – 2, 2 розряду – 1.

Висновки

На нашу думку створювати ходи полігонометрії 2 розряду недоцільно, тому, що інструкція [1] у пункті 5.1.14 пропонує прокладати теодолітні ходи електронними тахеометрами з такою ж точністю, тим більше не можна прив'язувати ці теодолітні ходи до пунктів полігонометрії 2 розряду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500, ГКНТА-2.04-02-98 – Київ, 1999. – 155 с.
- Літинський В. О. Геодезичний енциклопедичний словник / Володимир Осипович Літинський. – Львів: Євро світ, 2001. – 668 с.
- Островський А. Л. Геодезія, ч. II / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2007. – 508 с.

ANGLE MEASUREMENT ACCURACY CALCULATION BY ELECTRONIC TACHOMETERS IN POLYGONOMETRY

Lityns'kyi V., Tarnavs'kyi V.

The aim of this work is to investigate the possibility of using electronic topographic tacheometers for polygonometric class 4 and 1, 2 grade network. It is theoretically shown that electronic topographic tacheometers can be used for polygonometric network.

УДК 550.34

СУЧАСНА ГЕОДИНАМІКА ТА СЕЙСМІЧНІСТЬ РАЙОНУ ДНІСТРОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА

Назаревич¹ * Л., Назаревич²* А.

1*. Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ, відділ сейсмічності Карпатського регіону, вул. Ярославенка, 27, Львів, Україна, 79010, E-mail: nazarevych.L@gmail.com

2*. Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ, вул. Наукова, 3Б, Львів, Україна, 79060, E-mail: nazarevych.a@gmail.com

У роботі проаналізовано сучасну сейсмічну активність району Дністровського гідровузла і сейсмічність цієї території за історичний період. Зареєстровані тут інструментально останнім часом землетруси в основному невеликої магнітуди ($M=0,6-2,9$). За комплексом геологічних, геодезичних, геофізичних, геоморфологічних даних проаналізовано напружений стан земної кори району Дністровського гідровузла. Далі представлений аналіз сейсмотектонічних умов виникнення землетрусів. Прив'язка просторового розташування вогнищ місцевих землетрусів до профілів вхрест і вздовж Українських Карпат виявила деякі особливості сучасної місцевої сейсмічної активності. Виявлено два рівня сейсмічної активності – на глибинах 0-2 км і 3-5 км, визначена просторова конфігурація напруженого шару земної кори, який здатний генерувати землетруси більшої енергії ($M \geq 2$). Аналіз моментів виникнення землетрусів протягом доби дає підставу припустити про деякий вплив на напружено-деформований стан геологічного середовища в районі Дністровського гідровузла режимів роботи Дністровської ГЕС-1 і Дністровської ГАЕС (спрацювання верхнього водосховища ГАЕС під час вечірнього піку споживання електроенергії та заповнення його у час нічного мінімуму електроспоживання). Зроблено висновки про сучасну геодинаміку цієї території і про можливі ризики для інфраструктури та населення.

Ключові слова – Дністровський гідровузол; сейсмічність; землетрус; платформа; розлом; макросейсмічні поля; тектоніка; геодинаміка; вертикальні рухи земної кори.

Вступ

В Україні відбулася низка землетрусів на територіях, на яких раніше не було сейсмічних подій. До прикладу, це землетруси з району Новодністровська, Кривого Рогу, Бердянська, Донецька, Маріуполя, Надвірної, Долини. Це території, де крім наявного загального напружено-деформованого стану тектоносфери регіону додається техногенно-антропогенний чинник [Назаревич, Назаревич, 2016, 2018;].

Постановка проблеми

Робота гідротехнічних споруд генерує напружений стан на прилеглих масивах порід і впливає на місцеву гідрогеологічну обстановку. Присутні тут масштабні процеси масопереносу, а також прогину земної кори під дією гравітаційного навантаження води змінюють напружений стан земної кори на великій території і підсилюють сейсмічну активність в районах будівництва крупних гідровузлів. Така сейсмічна активність відзначена в районах водосховищ Кариба (Зімбабве), Гувер (США), Інгури (Грузія), Нурекського і ін.

Актуальність

В останні роки зареєстровано сейсмічну активність району розташування Дністровського гідровузла. Тому вивчення всіх аспектів такої сейсмічності становить значний інтерес для стійкого і безпечного розвитку даних територій.

Мета дослідження

Дослідити сучасну геодинаміку і сейсмічний режим району Дністровського гідровузла, зокрема, Дністровської ГАЕС. Станція почала працювати в кінці 2008 року і є частиною Дністровського гідровузла, до складу якого також входять Дністровська ГЕС та ГЕС-2. Саме після початку активної роботи всього комплексу ГЕС і ГАЕС були зареєстровані сейсмічні події в радіусі 10-15 км від гідровузла.

Тектоніка регіону

Район Дністровського гідровузла розташований на півдні Волино-Подільської плити – південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи. Сама Волино-Подільська плита межує із заходу з Карпатською гірською системою (Складчасті Карпати, Передкарпатський і Закарпатський прогини), зі сходу – з Український щитом, а з півдня – з Молдавською моноклінальною (див. рис. 1). В своїй основі тектонічні одиниці мають блокову будову і розділені між собою зонами розломів різного ранжування. Основна система розломів тут має переважно діагональний північно-західний (субкарпатський) напрямок, додаткова, яка січе ці тектонічні одиниці на окремі блоки – північно-східний. Один з основних тут трансформних активних субкарпатських розломів Луцьк – Збараж – Кам'янець-Подільський проходить через досліджувану зону [Крупський, 2001].



Рис. 1. Тектонічна позиція району Дністровського гідровузла (чорний кружок) на фоні основних тектонічних структур заходу України: 1–Карпатська гірська система, 2 Волино–Подільська плита, 3–Український щит, 4–Західно-Європейська платформа

Геодинаміка

Положення досліджуваного району в транс'-європейській геомобільній зоні підтверджується наявністю аномалії теплового потоку, зона цієї аномалії проходить від Ботнічної затоки Балтійського моря до Аравійського півострова [Крупський, 2001]. Дослідження вертикальних рухів земної поверхні Карпатського регіону та Волино-Поділля показало, що ізобаз сумарних амплітуд неотектонічних рухів в районі Дністровського гідровузла мають субширотне простягання, що певним чином корелюють зі зміною простягання тут долини річки Дністер [Полівцев, 2011]. А вектора напружень в земній корі цього району мають північно-західний напрямок.

Сейсмічність

За історичний період на прилеглий до району дослідження території зафіксовані тільки сильні землетруси Кам'янця-Подільського (1721, 1728 р. (4 бали), 1883 р. (3–4 бали)), Могилева-Подільського (1843 р. (4 бали) [Есеев, 1969], що свідчить про її геодинамічну активність.

Слабка «інструментальна» сейсмічність цього району виявлялася і до початку роботи ГАЕС. Так, тут в 1987 р., 1989 р., 1991 р., 2000 р., 2005 р., 2006 р. інструментально зареєстровані 16 землетрусів різної енергії ($K=6,5-7,8$). В тектонічному плані осередки цих землетрусів тяжіють до зони зчленування тут Українського щита і Волино – Подільської плити. А в 2006 р. в районі Новодністровська інструментально зареєстровано 9 землетрусів класу $K=6,1-8,4$ [Вербицький та ін., 2008]. Сильніший з них з $M=2,9$ відбувся 22.10.2006 р. Гіпоцентр цього землетрусу був зафіксований на глибині $H=3,8$ км і розташовувався на захід від Дністровської ГЕС. Цей землетрус, незважаючи на відносно невелику енергію ($K=8,4$) і глибину $H=3,8$ км, викликав макросейсмічний ефект з інтенсивністю в епіцентрі $I_0=4$ бали за шкалою MSK-64, який відчувався в радіусі 15 км від джерела.

Після ряду землетрусів 1987-2006 рр. в даному районі кілька років не було інструментально зареєстрованих сейсмічних подій, тобто мало місце сейсмічне затишшя. А починаючи з 2012 р. тут відбувалися слабкі землетруси з $K=5,4-6,7$, які фіксувалися тільки однією станцією Новодністровськ (NDNU), що не давало змоги точно визначити координати і глибини їх вогнищ. В 2014 році тут починають працювати 3 цифрові станції DASS-04: NDNU1, NDNU2, NDNU3, дані яких разом з даними сейсмічної мережі Карпатського регіону України дають можливість визначити параметри землетрусів (час у вогнищі, координати, глибину, енергетичні характеристики). Цими станціями в районі Дністровської ГАЕС за період 2014-2018 рр. зафіксовано 20 землетрусів різного енергетичного класу (рис. 2). В основному це землетруси з $M=0,6-2,4$. Вогнища більшості землетрусів розташовані на невеликих глибинах ($H=1-2$ км), тільки деякі з них мають більшу глибину ($H=4-5$ км). Просторове розташування вогнищ землетрусів за період 2014-2018 рр. має деякі особливості, вони розміщені на захід від самої Дністровської ГАЕС, а вогнища землетрусів 1991-2006 рр. розташовувалися в основному на схід від ГАЕС. На схід від ГАЕС зафіксований сильніший землетрус 22. 10. 2006 р з $M=2,9$ (макросейсмічний епіцентр цього землетрусу показаний на рис. 2 білим кругом). Виходячи з цього, можна проаналізувати геодинамічну ситуацію цього району: напруження в земній корі спочатку виникають в північно-східній частині розташування Дністровської ГАЕС і розряджаються в основному землетрусами невеликої сили $K=6,5-7,8$, тільки один землетрус був більшої сили з $M=2,9$. Після декількох років сейсмічного затишшя (в цей час відбувається перерозподіл локальних тектонічних напружень, які, на нашу думку, підпорядковані загальному тектонічному процесу в Карпатському регіоні) концентрація напружень локалізується західніше Дністровської ГАЕС і відбувається чергова фаза розрядки сейсмічною активністю також невеликої сили $M=0,6-2,4$ і одним сильнішим землетрусом, який відбувся 12. 07. 2016 р в 18.21.51,9 год. з магнітудою $M_{SH}=3$.

Аналізуючи кількісний розподіл землетрусів за роками в досліджуваному районі, бачимо, що він має висхідний характер. Так, в 2014 р. відбулися 2 події, в 2016 р. – 5, в 2017 р. – 7, в 2018 р. – 6 землетрусів, в 2015 р. сейсмічних подій не було зафіксовано. Сумарна величина енергії, яка виділилась за період 2014-2018 рр. складає $E=1,41 \times 10^{10}$ Дж, а максимальна енергія від сукупності сейсмічних вогнищ виділилась в 2016 р. – $E=1,14 \times 10^{10}$ Дж. Така динаміка вивільнення

сейсмічної енергії говорить про складний напружений стан геологічного середовища в районі.

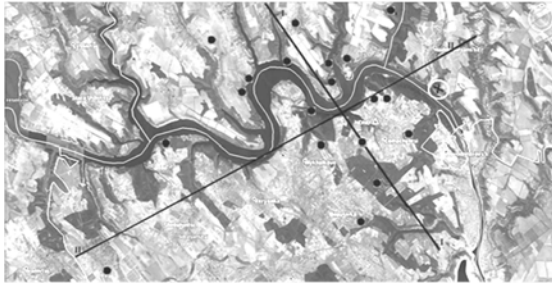


Рис. 2. Карта-схема (на базі карти Google) сейсмічності району за 2014-2018 рр. Тут: чорні кружки—епіцентри землетрусів; білий трикутник—сейсмічна станція Новодністрівськ, білий круг—макросейсмічний епіцентр землетрусу 22. 10. 2006 р. (показані умовні профілі I-I і II-II) ні Дністрівського гідровузла.

Просторовий аналіз епіцентрів вогнищ землетрусів за 2014-2018 рр. на топокарті району показав, що осередки більшості сейсмічних подій розташовані в зоні впливу меандрів річки Дністер (рис. 3), на захід від водосховища. А в періоди сейсмічності 2000-2006 рр. епіцентри землетрусів розташовувалися на схід від гідровузла Дністрівської ГЕС [Вербицький та ін., 2008]. Тобто має місце міграція сейсмічних вогнищ зі сходу на захід, що, очевидно, пояснюється перерозподілом тектонічних напружень, яке викликане як відомим загальним тиском Східних Карпат на південно-західну окраїну Східно-Європейської платформи, так і локальним впливом, в тому числі роботою Дністрівського гідровузла [Назаревич, Назаревич 2015].

Один з сильніших землетрусів за період 2014–2018 рр. був зареєстрований 12.07.2016 р. в 18.21.51,9 год. з магнітудою $M_{SH}=3$ сейсмічними станціями Карпатської сейсмологічної мережі, його гіпоцентр знаходився на глибині $H=2$ км, в 10 км на північний захід від водосховища на річці Дністер. Цей землетрус відчували люди. Компоненти сейсмічного запису цієї події сейсмічною станцією Новодністрівськ, яка розташована в безпосередній близькості до епіцентру, наведені на рис. 3. Незважаючи на це, тут можна вже розрізнити моменти вступу Р- і S-хвиль. Розрахунок по номограмі співвідношення між магнітудою M і глибиною вогнища H землетрусу 12. 07. 2016 року з $M_{SH}=3$ дав інтенсивність I_0 струшування в епіцентрі 5 балів, а по карті сейсмічного районування ($T=500$ років і $P=10\%$) район Дністрівської ГАЕС розташований в 6 бальній зоні. Тобто, відносно часті (раз в декілька десятків років) землетруси невеликої сили, але з відносно малою глибиною вогнища можуть на цій території генерувати

відчутні сейсмічні події, близькі до максимально прогнозованих.

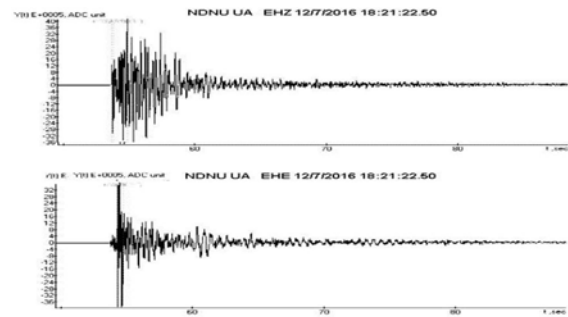


Рис. 3. Вертикальна і горизонтальна компоненти запису землетрусу 12. 07. 2016 р. в 18.21.51,9 год. з $M_{SH}=3$ цифровою станцією DAS-004, Новодністрівськ

Для дослідження можливого зв'язку сейсмічної активності досліджуваної території з діяльністю Дністрівського гідрокаскаду був проведений добовий аналіз моментів виникнення землетрусів. Він показав, що найбільша кількість землетрусів відбувається у вечірній і нічний час, так о 4 годині відбулося 6 землетрусів, о 23 годині – 2 події, в решту часу доби – рідкісна сейсмічність (по одній події в годину). Це дає можливість припустити про наявність деякого впливу на напружено-деформований стан геологічного середовища в районі Дністрівського гідровузла самих його станцій. Так, ГАЕС постійно проганяє воду між двома водосховищами, вночі вода закачується з нижнього водосховища у верхнє, для цього використовується надлишкова електроенергія з базової генерації. Землетруси виникають на ділянках земної кори, де накопилися природні тектонічні напруження і земна кора вже підготовлена до розрядки сейсмічними подіями. Додаткова техногенне навантаження додає або перерозподіляє напруження в земній корі і служить свого роду «спусковим гачком». Нам видається, що цей гідрологічний ефект може бути причиною виникнення землетрусів в нічний час – так званої наведеної (індукованої) сейсмічності [Назаревич, Назаревич 2015].

Для детального дослідження особливостей сейсмотектонічної активізації різних шарів геологічного середовища нами використовувалася методика з робіт [Назаревич, Назаревич, 2018; Kováčiková S. et al, 2016]. Для цього, проаналізувавши дані про вектори напружень в земній корі цього району [Крупський, 2001], дані про вертикальні рухи, морфологію рельєфу і русла річки Дністер, нами були побудовані два умовних профілі, які перетинаються в центрі найбільшого скупчення епіцентрів землетрусів: перший проходить паралельно Карпатам, другий – перпендикулярно їм (рис. 2). Аналіз просторового розташування гіпо-

центрів землетрусів на цих двох профілях показав, що на обох профілях чітко простежуються два рівні сейсмічної активізації. Перший рівень – глибини $H=0-2$ км, другий – $H=3-5$ км. На першому рівні відбувається більша кількість слабких землетрусів, на другому відбуваються сильніші землетруси з $M \geq 2$, їх кількість значно менше. Саме на другому рівні сталися два землетруси з макросейсмічним ефектом. Область групування вогнищ в плані утворює овал неправильної форми, велика вісь якого спрямована паралельно Карпатам. Ця область контролюється розломами другого порядку, які опіраються основний тут і активний Луцьк–Збараж–Кам'янець–Подільський розлом. Той факт, що епіцентри деяких землетрусів в плані тяжіють до меандрів річки Дністер пояснюється геодинамічною активністю русла р. Дністер в її рівнинній частині, а також приуроченістю русла до наявних в цьому районі розривних порушень різних рангів. Проведений до цього аналіз карти вертикальних рухів земної поверхні цього району показав, що ізобаз сумарних амплітуд неотектонічних рухів мають субширотне простягання, форма їх нагадує меандри річки Дністер.

Висновки

Підсумовуючи, зазначимо, що сучасна сейсмічність району Дністровського гідровузла представлена слабкими землетрусами, має тенденцію до збільшення кількості сейсмічних подій у часі, вогнища землетрусів локалізуються вузькою зоною на захід від ГЕС-1. Сейсмічні події найбільш часто відбуваються в нічний час, що може бути пов'язано з режимом роботи ГЕС і ГАЕС. Геодинамічна активність території, значні тектонічні напруження, напружено-деформований стан земної кори, викликаний, в тому числі, роботою Дністровського гідровузла, можуть бути причиною природної і наведеної місцевої сейсмічності і все це потребує подальшого детального вивчення та моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Вербицкий С. Т., Стасюк А. Ф., Чуба М. В., Пронишин Р. С., Келеман И. Н., Гаранджа И. А., Вербицкий Ю. Т. Сейсмичность Карпат в 2006 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. Симферополь: КЭС НАНУ. – 2008. – С. 31-41.
- Всеев С. В. Интенсивность землетрясений Украины. Киев: Наук. Думка. – 1969. – С. 32–55.
- Крупський Ю. З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. Київ: УкрДГРІ. – 2001. – 144 с.

Назаревич Л. Є., Назаревич А. В. Наведена сейсмічність і сейсмотектоніка Надвірнянського нафтогазового району (Українське Передкарпаття) // 15th EAGE International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects “Geoinformatics-2016”. Київ. – 2016. DOI: 10.3997/2214-4609.201600490

Назаревич Л. Е., Назаревич А. В. Сейсмичность и сейсмотектоника Надворнянского нефтегазового района (Украинское Предкарпатье) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. – 2015. – Т. 90. – Вып. 6. – С. 17-27.

Назаревич Л. Є., Назаревич А. В. Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав) // Мінеральні ресурси України – 2018. – № 2. – С. 36-42. DOI: 10.31996/mru.2018.2.36-42

Полівцев А. В. Карта вертикальних голоценових рухів Волино-Поділля та Передкарпаття // Геодинаміка. – 2011. – 1(10). – С. 58-60.

Kováčiková S., Logvinov I., Nazarevych A., Nazarevych L., Pek J., Tarasov V., Kalenda P. Seismic activity and deep conductivity structure of the Eastern Carpathians // Stud. Geophys. Geod. 2016. – 60. – P. 1–17. DOI: 10.1007/s11200-014-0942-y

MODERN GEODYNAMICS AND SEISMICITY OF THE AREA OF THE COMPLEX HYDROPOWERScheme ON THE DNIESTER RIVER

Nazarevych L., Nazarevych A.

In this paper an analysis of modern seismic activity area of the complex hydropowerscheme on the Dniester river. Analyzed seismicity of the territory in the historical period. The complex of geological, geodetic, geophysical, geomorphological data analyzes the stressed state of the crust of the complex hydropowerscheme on the Dniester river. In this paper an analysis of seismotectonic conditions for the occurrence of earthquakes is made. Two levels of seismic activity were detected – at depths of 0-2 km and 3-5 km, and the spatial configuration of the tense layer of the earth's crust capable of generating stronger earthquakes (with $M \geq 2$) was determined. Analysis of the number of earthquakes per day determines influence on the stressed-deformed state of the geological environment in this area of work of the Dniester Hydroelectric Power Plant-1 and the Dniester PSP (operation of the upper Dniester PSP reservoir during the evening peak of electricity consumption and filling it during the night minimum of electricity consumption). Conclusions about geodynamic activity of this territory and possible risks are made.

Keywords: complex hydropowerscheme on the Dniester river; seismicity; earthquake; platform; fault; macroseismic fields; tectonics; geodynamics; vertical movements of the earth's crust.

УДК 551.3:528.88

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ РАДАРНИХ ДАНИХ ІЗ СИНТЕЗОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ

Уль А., Мельник О., Волошин В., Рудик О.,
Слащук А., Поручинський В.

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру,
Східноєвропейський національний університет імені Лесі
Українки, пр. Волі, 13, Луцьк, Україна, 43013, E-mail:
vol.lutsk@gmail.com

Розглянуті питання космічного моніторингу земної поверхні з метою виявлення вертикальних зміщень та своєчасного прийняття заходів запобігання виникненню надзвичайних ситуацій під час землетрусів. Проведений огляд застосування даних радіолокаційної зйомки космічних апаратів Sentinel-1 в середовищі SNAP для території о. Пуерто-Ріко після серії землетрусів.

Ключові слова – деформація; геодинаміка; супутникова радіоінтерферометрія; матеріали дистанційного зондування Землі; інтерферограма; цифрова модель рельєфу; вертикальні зміщення.

Вступ

Деформація земної поверхні є одним із визначних явищ, пов'язаних з багатьма геологічними небезпеками, такими як зсуви, осідання суші, виверження вулканів та землетруси. Землетрус поблизу прибережних районів або в морі може в свою чергу спричинити цунамі. Такі небезпеки становлять серйозні загрози для життя та власності людини. Наприклад, нещодавній землетрус на Тайвані спричинив втрату понад 2000 життів і мільярди доларів шкоди. Для ефективної роботи будь-якої системи попередження необхідний моніторинг.

Використання наземних методів глобального моніторингу наслідків екзогенно-геологічних процесів є проблематичним через: територіальну розгалуженість і великі площі; відсутність коштів на проведення періодичних оглядових досліджень; неузгодженості дій та порушень правил безпеки експлуатації основних фондів. Як показує досвід розвинених країн світу, ефективним у такій ситуації є метод дистанційного моніторингу з використанням радіолокаційних космічних апаратів (КА).

Багатообіцяючою є методика супутникової радарної радіолокації із синтезованою апертурою (InSAR), яка дає змогу точно, економічно, зручно та ефективно виміряти деформації земної поверхні на великих за розміром областях області.

Отримана за допомогою інтерферограм інформація, яка формується різницею фаз між двома

складними зображеннями радіолокації із синтезованою апертурою (SAR) тієї самої області, але отриманих в дещо різних положеннях із використанням одного або двох подібних датчиків. InSAR можна використовувати для виявлення змін місцевості та / або деформації. За сприятливих умов для вимірювання деформації може бути досягнуто субсантиметрову точність, що більш ніж достатньо для багатьох задач моніторингу. Однак деякі проблеми, пов'язані з ключовими процедурами обробки, повинні бути вирішені, перш ніж вона може стати практично життєздатною методикою вимірювання для моніторингу деформацій, особливо коли градієнт змін є значним.

Мета – дослідження технологій моніторингу геодинамічних процесів з використанням радарних даних КА з синтезованою апертурою Sentinel-1.

Завдання – дослідження можливостей застосування методів інтерферометрії даних радіолокаційної космічної зйомки для моніторингу вертикальних зміщень.

Виклад основного матеріалу

Острів Пуерто-Ріко знаходиться на кордоні Карибської і Північно-Американської плит і в даний час тектонічно деформується під дією цих плит. Така трансформація може викликати землетрусу і цунамі, які в сукупності з зсувами, становлять найбільшу геологічну небезпеку на острові і північному сході Карибського моря.

Геологічна будова острова складається з вулканічних і магматичних порід, що сформувалися в період між крейдяним періодом і еоценовою епохою палеогенового періоду, зверху покритих пізнішими породами олігоцену епохи, а ще пізніше карбонатами і осадовими гірськими породами.

Починаючи з землетрусу магнітудою 4,7 Mw 28 грудня 2019 року і прогресуючи до середини січня 2020 року, південно-західну частину острова Пуерто-Ріко сколихнув ряд землетрусів, включаючи 11, що мали магнітуду 5 Mw або більше. У даний період було загалом зафіксовано ще 82 землетрусів в діапазоні 4–4,9 Mw. Найбільша і найбільш руйнівна послідовність землетрусів сталася 7 січня 2020 і мала величину 6,4 Mw та максимальну інтенсивність відчуття VII (дуже сильна) за модифікованою шкалою інтенсивності Меркаллі.

Однією із широковикористовуваних технологій дослідження вертикальних зміщень земної поверхні за даними дистанційного зондування Землі є технологія супутникової радарної радіолокації із синтезованою апертурою (InSAR) [Sansosti та ін, 1998]. Суть технології полягає у дослідженні різниці фаз між двома комплексними радіолокаційними зображеннями тієї ж області, прийнятими

відповідно однією і тією самою або двома подібними супутниковими системами з дещо іншими просторовим положенням [Massonnet та ін, 1995].

Перевагою даних Sentinel-1 є відкритий доступ, велика частота зйомки однієї території під однаковим кутом двома КА – 6 діб та широка смуга огляду – 250 км тощо.

Дану технологію нами застосовано для оцінки вертикальних змішень материкової поверхні о. Пуерто-Ріко за даними Sentinel – 1 на період кінця 2019 – початку 2020 року. Для дослідження були використані знімки S1A_IW_SLC__1SDV_20191209T102254_20191209T102321_030270_03760F_5BF0 та S1A_IW_SLC__1SDV_20200126T102253_20200126T102319_030970_038E6E_F7B4 від 09.12.19р та 26.01.20р. відповідно.

Обробка матеріалів ДЗЗ здійснювалась в програмному середовищі Sentinel Application Platform (SNAP) 7.0. Остаточна візуалізація отриманих результатів здійснювалась у середовищі QGIS 3.12 București.

Загалом процес обробки даних Sentinel-1 складався з наступних етапів:

1. Попередня обробка:
 - Вибір широких смуг (IW), що відповідають області інтересу;
 - Корекція із використанням високоточних даних орбіт супутників.
2. Основна обробка:
 - Кореєстрація зображень та їх зворотнє геокодування із застосуванням ЦМР SRTM 1Sec;
 - Визначення постійного діапазону та зміщення азимуту для всього зображення на основі обробки окремих широких смуг (IW);
 - Формування інтерферограми
 - Видалення розривів широких смуг (IW) та формування суцільного знімку;
 - Видалення топографічної фази на основі ЦМР;
 - Створення мультиоглядного зображення для покращення інтерпретації;
 - Фільтрація фаз для видалення шумів;
 - Двовимірна розгортка фаз за алгоритмом SNAPHU[Chen and Zebker, 2002];
 - Побудова фазової карти пропорційної відносному зміщенню місцевості;
 - Переобчислення радарних координат в географічні;
 - Створення маски для суші/води.
3. Постобробка
 - Експортування результатів та їх оформлення засобами QGIS.

Результати виконаних досліджень представлені на рис 1.

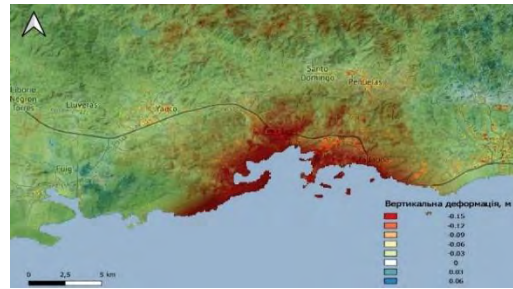


Рис. 1. Цифрова модель вертикальних деформацій станом на 26.01.2020 року.

Висновки

Моніторинг земної поверхні за допомогою радарних даних КА з синтезованою апертурою Sentinel-1A дозволяє визначати критичні місця розвитку несприятливих геологічних процесів і може стати оперативним засобом напрацювання рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- C. W. Chen and H. A. Zebker, "Phase unwrapping for large SAR interferograms: Statistical segmentation and generalized network models," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 40, pp. 1709-1719 (2002).
- Sansosti, E., Lanari, R. and Lundgren, P., (1998). Dynamic deformation of Etna volcano observed by satellite radar interferometry. IGARSS '98 – 1998 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, Vol. 3, pp.1370 - 1372.
- Massonnet, D., Briole P. and Arnaud, A., (1995). Deflation of Mount Etna monitored by spaceborne radar interferometry. Nature, Vol.375, pp.567-570.

EXPERIENCE IN THE USE OF SYNTHETIC-APERTURE RADAR DATA FOR DEFORMATION MONITORING

Uhl A., Melnyk O., Voloshyn V., Rudyk O., Slaschuk A., Poruchynsky V.

The issues of space monitoring of the Earth's surface are considered in order to detect vertical displacements and timely measures to prevent emergencies during earthquakes. An overview of the use of Sentinel-1 spacecraft radar imagery in SNAP for the territory of Puerto Rico after a series of earthquakes has been conducted.

Keywords – deformation; geodynamics; satellite radio interferometry; Earth remote sensing materials; interferogram; digital terrain model; vertical displacements.

КАРТОГРАФУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І ПРИЛЕГЛОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА

Коробков¹ О., Зібровський² А.,
Феношин¹ М.

1*. Кафедра геодезії та землеустрою,
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу,
вул. Карпатська 15, Івано-Франківський, Україна, 76019,
2*. ПП «Геобуд», вул. Зелена 149-ю, Львів, Україна, 79035
e-mail: olehkorobkov@gmail.com,

Розкрито особливості використання БПЛА для картографування автомобільних доріг. Показано, що параметри камери та програмне забезпечення БПЛА узгоджені із фотограмметричними процедурами опрацювання знімків. Програмні засоби отримання ортофотоплану дорожньої смуги здатні компенсувати нерівномірність висоти польоту БПЛА в межах 15 м. Для картографування прилеглої інфраструктури запропоновано методику додаткових корекцій по усуненню зміщень за зображеннями верхніх ярусів будівель.

Ключові слова – БПЛА; автомобільна дорога; ортофотоплан; картографування, фотограмметрія

Вступ

Сучасний інтенсивний розвиток транспортних мереж потребує періодичного оновлення картографічного матеріалу. В даний час для отримання достовірної та актуальної інформації все ширше використовуються матеріали аеро- і космічних знімків, а також технології опрацювання первинної інформації з метою картографування [1, 2]. Картографування автомобільних доріг, які характеризуються невеликою площею і, одночасно, значною лінійною протяжністю, доцільно здійснювати з використанням БПЛА. Такі методи розширюють можливості картографування а подекуди виступають як дійсно незамінний інструмент в допомогу геодезичним роботам.

Мета роботи полягає у розробці методів збору та опрацювання матеріалів аерофотозйомки з БПЛА для картографування автомобільних доріг та прилеглої інфраструктури.

Практична цінність роботи полягає у створенні векторного картографічного матеріалу в середовищі програмного продукту AutoCad Civil 3D.

Методика

Об'єктом дослідження виступала ділянка автомобільної дороги Болехів-Стрий протяжністю 8 км з прилеглою інфраструктурою. Отримання ортофотопланів здійснювалося з використанням БПЛА Phantom 4Pro, на якому була

встановлена камера з дозволяючою здатністю 20 Мп., матриця: 1'' CMOS. Для більш точного визначення координат центру знімка на БПЛА встановлено приймач РРК статика.

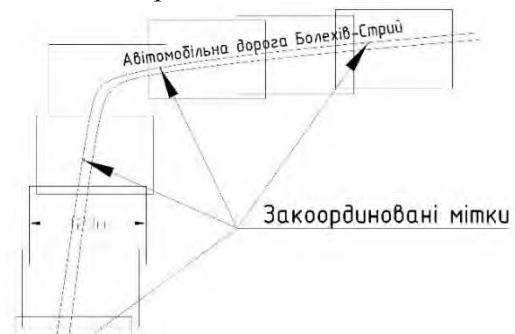


Рис. 1. Схема опрацювання аерознімків

Знімання ділянки автомобільної дороги проводилися в умовах відкритої місцевості при нормальному освітленні з висот 100-150 м. Так, при зйомці з висоти БПЛА 150 м забезпечувалася смуга захоплення на місцевості шириною 120 м, при цьому просторова дозволяюча здатність знімків становила 2 см. Проведення зйомки автомобільної дороги забезпечувалося поздовжнє перекриття знімків ~ 70-75% і поперечне ~ 50-55%. В якості опорних точок виступали білі мітки типу "мішень", які були нанесені на полоні дороги через 700-1000 м. Всі мітки були закріплені на місцевості методами GNSS.

Процес опрацювання аерознімків був повністю автоматизованим і полягав в «склеюванні» матеріалу. За допомогою закріплених GNSS міток (рис.1) растрове зображення було скориговане та прив'язане до системи координат УСК 2000. Такий матеріал можна з легкістю опрацьовувати в ГІС продуктах які за основу використовують геодезичні системи координат.

Отриманий ортофотоплан в проекції WGS 1984 було експортовано в програмне середовище ГІС з подальшим векторизуванням як самої автомобільної дороги, так і прилеглої інфраструктури.

За деталізованим зображенням полотна автомобільної дороги було створено векторний шар пошкоджень, на якому пошкодження виступали як лінійні об'єкти.

Окремим шаром були векторизовані об'єкти прилеглої інфраструктури, ще переважно одноповерхові, двоповерхові будинки.

Точність оцінки отриманої векторної перевірялося із зображенням даної території на супутниковому знімку. Для мінімізації геометричних спотворень була розроблена методика, представляючи собою геометричну корекцію, при виконанні якої поєднано процес опрацю-

вання знімків БПЛА із наявними супутниковими даними.

Результати

Програмне забезпечення, що реалізовує функцію «склеювання» окремих кадрів у єдиний файл, показало свою ефективність при зніманні автомобільної дороги. Його алгоритми успішно розпізнають на знімках дорожню смугу, за якою здійснюється об'єднання кадрів. Чітке «склеювання» кадрів по лінії автомобільної смуги засвідчило те, даний алгоритм здатний компенсувати нерівності польоту БПЛА при різницях висот в межах 15 м (рис.2).



Рис. 2. Фрагмент ортофотоплану автомобільної дороги

Векторизована карта була суміщена із супутниковий знімок. Можна було констатувати, що автомобільна дорога точно співпала із її зображенням на супутниковому знімку. Що стосується будівель прилеглої інфраструктури, то тут спостерігалось зміщення у межах 2,2 – 3,7 м. Пояснюється тим, що верхні частини споруд, а це переважно будівлі одно-, двоповерхові будинки припідняті відносно поверхні землі. А так як ортокорекція аерознімків проводиться по рівню поверхні землі, то висотність будинків не було враховано. Для картографування прилеглої інфраструктури було запропоновано методику додаткових корекцій по усуненню зміщень за зображеннями верхніх ярусів будівель.

Результатом роботи є отримання векторної карти ділянки автомобільної дороги і прилеглої інфраструктури.

Отримані векторизовані карти ділянок автомобільної дороги дозволи зробити висновки про якість дорожнього покриття. Пошкоджені ділянки склали 34,6% її загальної протяжності.

Розроблена методика збору даних з БПЛА та усунення зміщень може бути використана для картографування автомобільних доріг з при-

леглою інфраструктурою, а також для задач контролю якості дорожнього покриття, підрахунку витрат на ремонтні роботи.

Висновки

Параметри камери БПЛА та програмне забезпечення опрацювання знімків узгоджені з фотограмметричними додатками. При отриманні ортофотоплану дорожньої алгоритм здатний компенсувати нерівності польоту БПЛА на різницях висот в межах 15 м. Для картографування прилеглої інфраструктури висотних будівель є необхідність проведення додаткової корекції за принципами фотограмметричних процедур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Вовк А. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу з застосуванням БПЛА TRIMBLE UX-5 / А. Вовк, В. Глотов, А. Гуніна, А. Маліцький, К. Третьак, Церклевич А. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2015. – Вип. 81. – С. 90-103.
- Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / В. Глотов, А. Гуніна // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – Вип. 2. – С. 65-70.
- Дорожинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія: Навч. посібник. – Львів: видавництво НУ «Львівська політехніка», 2002. –164 с.

MAPPING OF ROADWAYS AND NEAR INFRASTRUCTURES BY UAV

Korobkov¹ O., Zibrovsky² A., Fenoshyn¹ M.

¹ *Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, st. Karpatska 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019,

² *. Private entrepreneur "Geobud", st.. Zelena 149th, Lviv, Ukraine, 79035, e-mail: olehkorobkov@gmail.com

The peculiarity of using UAVs for mapping of roadways is disclosed. It is shown that the camera parameters and UAV software are consistent with the photogrammetric imaging applications. Software for obtaining a roadmap orthophoto plan is able to compensate for the unevenness of the UAV flight height within 15 m. Mapping near infrastructures the methodology for completing corrections according to the reduction of the size of the upper tier is shown.

Keywords – UAV; roadway; orthophoto plan; mapping, photogrammetry.

УДК 528.92

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ ГІС СТРИЙСЬКОГО ПАРКУ У ЛЬВОВІ

Кузик З. *, Турчин Н., Четверіков Б.

* Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, e-mail:
zkuzyk@yahoo.com

Стаття присвячена проблемі документування та візуалізації комплексної пам'ятки садово-паркового мистецтва «Стрийський парк» у м. Львів. Досліджено методику і технологію створення інформаційно-довідкової паркової системи у програмному середовищі ArcGis. За даними дистанційного зондування, картографічними та історичними джерелами організовано графічно-атрибутивну базу даних, побудовано 2D і 3D цифрові моделі ландшафту і туристичних об'єктів.

Ключові слова: довідково-інформаційна ГІС; культурна спадщина; класифікація об'єктів; графічно-атрибутивні бази даних; векторизація; цифрова модель рельєфу; геоінформаційне картографування; візуалізація, моделювання.

Вступ

В епоху бурхливого розвитку та впровадження цифрових технологій і комунікацій у всі сфери життєдіяльності людства, тема збереження та документування природних та історичних пам'яток вимагає нового розуміння та підходів до вирішення проблеми. Замість традиційних методик архівування, документування та досліджень об'єктів культурної спадщини, сьогодні успішно впроваджуються новітні методи дистанційного зондування, візуалізації та моделювання об'єктів, створення потужних баз даних та цифрового архівування. Важливу роль у цій сфері відіграють геоінформаційні системи і технології, призначені для збирання, збереження, опрацювання, аналізу геопросторових даних, відображення та моделювання об'єктів геопростору.

Місто Львів справедливо вважають найбільшим культурним і туристичним центром України, завдяки великій кількості збережених до наших днів унікальних історико-культурних та природних пам'яток. Одним з таких привабливих туристичних об'єктів та улюбленим

місцем відпочинку багатьох поколінь, є комплексна пам'ятка садово-паркового мистецтва Національного значення – Стрийський парк. Він розкинувся на мальовничих пагорбах у центрі Львова, містить безліч природних та рукотворних пам'яток, розвинуту мережу паркових алей, історичні будівлі і пам'ятники з різних часових періодів. Міжнародним та українським законодавством передбачено комплекс заходів з метою гарантії збереження об'єктів культурної спадщини та природно-заповідного фонду для майбутніх поколінь, серед яких – проведення наукових досліджень, цифрове документування та різні способи популяризації.

Проектуванням та впровадженням інноваційних технологій у природоохоронну, пам'яткоохоронну сфери і туристичну галузь займаються науковці, інженери, програмісти багатьох розвинутих країн світу.

Зокрема, на початку 2000-х років у Цюріхському університеті започатковано міжнародний проект зі створення ГІС Швейцарського Національного парку [Haller R., 2009]. Тепер, коли майже всі об'єкти виміряні і задокументовані, ведеться моніторинг відвідувачів, інтернет-планування мандрівок через в'ювер ArcImgs, розроблені мобільні додатки. ГІС містить 24 ТВ інформації, вирішується питання архівування даних на наступні 100 років.

Тривалий час проводились дослідження на території Чеського Національного парку. Дослідження екосистеми і типології лісопарку виконувались з використанням ГІС ArcGis [Vacek S., 2012]. У Німеччині засобами ГІС та GPS-технологій розроблено інтерактивну карту з візуалізацією парків та місць спортивного туризму, проведено кореляцію щодо кількості паркових зон, спортивних майданчиків і мешканців [Bruegmann J., 2014].

Розробку програмного модуля для смартфонів, що дозволяє автоматичне генерування складних геопросторових об'єктів в поєднанні з навколишнім середовищем шляхом 3D-реконструкції хмари точок, наведено у статті [Nocerino E. та ін., 2017]. 3D-візуалізація об'єктів культурної та природної спадщини можлива не тільки в режимі реального часу, а й в історичному ракурсі та для планування майбутнього,

про це йдеться у публікації [Rodríguez-González P. та ін., 2017]. З цією метою проведено аналіз та інтеграцію даних з різних джерел, а за допомогою часового масштабу здійснено побудову 4D-моделей. До проблем моніторингу довкілля, збалансованого розвитку рекреаційних територій та ефективного управління з використанням ГІС і GPS-технологій звертаються автори монографії «Геоматика в моніторингу довкілля та оцінці загрозливих ситуацій» статті [за ред. Дорожинського О., 2016].

Концепцію побудови туристичної ГІС на основі цифрової моделі рельєфу, створеної за SRTM зображеннями у середовищі ArcGis, висвітлено у статті [Кузик З., Руцька Л., 2019]. Така ЦММ не претендує на високу позиційну точність, але містить велику базу даних туристичних об'єктів. У програмному додатку ArcGis_online розроблено зручний користувацький інтерфейс, запроєктовано туристичні маршрути різної категорії з описом та фотоображеннями.

Управління сучасними урбаністичними системами вимагає «розумного» планування і «розумних» програм, враховуючи всі потреби громадян. Для управління ресурсами і територіями розробляються все нові методи аналізу та опрацювання Big Data. Отже, нині потужні геоінформаційні системи в недалекому майбутньому також зазнають певної трансформації [Resch, B., Szell, M., 2019].

З наведеного аналізу публікацій вбачається, що проблема візуалізації та моделювання об'єктів природної і культурної спадщини є актуальною у світі, а для її вирішення запропоновано широкий спектр сучасних методик і технологій.

Метою цієї статті є дослідження методики створення довідкової ГІС Стрийського парку у Львові засобами ГІС ArcGis можливості організації графічно-атрибутивних баз даних та висвітлення питань візуалізації і моделювання об'єктів природно-заповідного фонду і культурної спадщини.

Методика

Методика створення довідково-інформаційної ГІС Стрийського парку з урахуванням

функціональних модулів ArcGis (ArcMap, ArcScene) та програми ReCap360 для 3D генерування об'єктів за фотознімками, передбачає виконання ряду польових і камеральних робіт із залученням картографічних матеріалів, даних дистанційного зондування та описової інформації. За картографічну основу взято топографічний план Стрийського парку в масштабі 1:2000 за 2016 рік. Геоприв'язку плану до системи координат GCS_WGS_1984 виконано інструментом Georeferencing за опорними точками, які були отримані шляхом GPS – вимірювань.

Запропонована методика створення довідково-інформаційної паркової системи включає виконання таких технологічних процесів як збір даних шляхом векторизації контурів по растру з урахуванням кривини схилів, організацію графічно-атрибутивної бази даних, фотографування пам'ятників, генерування 3D-моделей пам'ятників із внесенням їх у базу даних, тривимірну візуалізацію об'єктів, побудову матриці висот та цифрової моделі рельєфу, створення цифрової двовимірної і тривимірної моделей Стрийського парку. Застосовано принцип пошарової організації даних в ГІС, а пошук, вибір об'єктів та отримання інформації про них здійснюється об'єктно-орієнтованим методом.

Результати

Розроблено таку систему класифікації об'єктів, виходячи із наявних на території парку природних, історико-культурних об'єктів та інфраструктури:

- природний рельєф;
- пам'ятники та фонтани (6 об'єктів);
- будівлі – пам'ятки садово-паркової архітектури (12 об'єктів);
- об'єкти гідрографії (3 об'єкти);
- об'єкти інфраструктури (6 об'єктів і підклас – доріжки, алеї парку).

Про кожний із вище вказаних об'єктів, що належать до різних тематичних класів, зібрано з різних джерел геопросторові, графічні та атрибутивні дані, які внесені до різноимених таблиць бази даних (рис.1).

id	Shape	id	Name	info	photo
1	Point	1	Пам'ятник Яну Клецькому	У 1887 році було встановлено спорудити у 1910-х роках встановили пам'ятник Яну Клецькому	
2	Point	2	Пам'ятник «Лаво – батуло»	У 1930-х роках встановили пам'ятник «Лаво – батуло»	
3	Point	3	Фонтан «Василь Телесик» 19	Один з найпопулярніших фонтанів Лаво – батуло	
4	Point	4	Фонтан в Рудалічіві	Намалювання в Рудалічіві встановили у 1910-х роках	

id	Shape	id	Name	info	photo	telephone	website
1	Point	1	Ресторан «Сонечко»	Затишний ресторан		+38097415845	http://www.sonechko.ua
2	Point	2	Ресторан «Дельта»	Ресторан «Дельта»		+38022979454	http://www.deltadepo.com.ua

Shape	id	Name	info	photo
Point	0	Дитячий майданчик	Дитяча площа в Стрийському парку, чудово	

Рис. 1. Таблиці графічно-атрибутивної бази даних

Збір даних про рельєф здійснено картометричним методом шляхом оцифрування горизонталей з нерегулярним кроком ($\pm 5-10$ м), враховуючи кривину схилів, та усіх пікетів, а висоти внесено у таблицю (рис. 2).

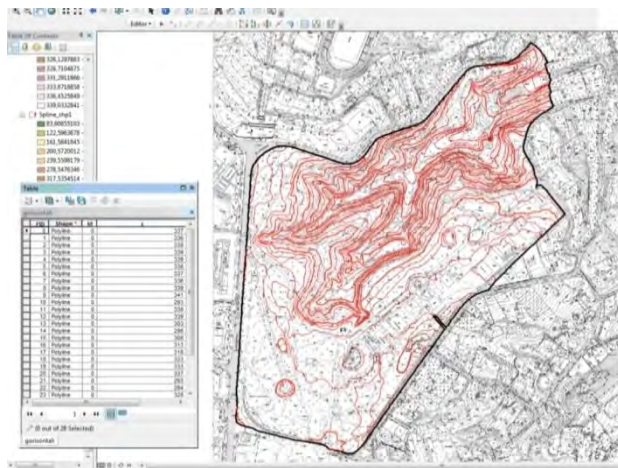


Рис.2. Векторизовані горизонталі в середовищі ArcMap

Перетворивши ізолінії в набір висотних точок і з'єднавши їх з шаром пікетів, генеруємо матрицю висот за методом інтерполяції Kriging.

Окрім рельєфу, аналогічно векторизуємо всю інфраструктуру парку (доріжки, алеї, будівлі кафе, ресторани, спортивні, дитячі майданчики), визначні історико-культурні та природні пам'ятки та інші об'єкти туристичного призначення, обумовлені розробленою класифікацією. Отримуємо набір елементів різної локалізації – точкові, полігональні та лінійні структури, позначені відповідними умовними знаками. Одночасно вносимо атрибутивну інформацію в таблиці. Класифікована тематична інформація може бути представлена на цифровій карті окремими векторними шарами або у їх поєднанні.

2D цифрова модель Стрийського парку представлена на рис.3.

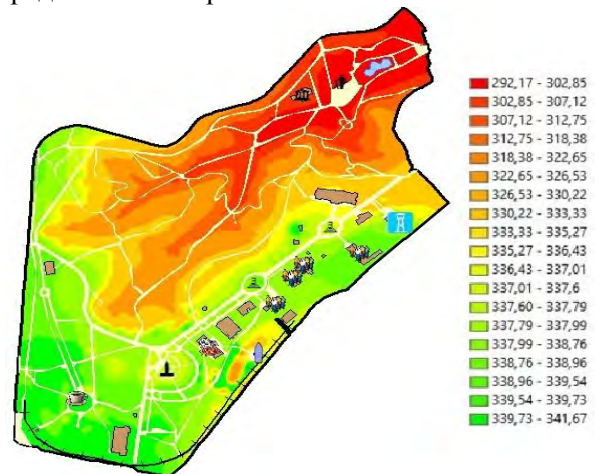


Рис.3 2D ЦММ Стрийського парку на основі гіпсометричної матриці висот

Активізуючи обраний об'єкт карти, або здійснюючи вибірку в моделі, за допомогою клавіші HTML, користувач отримує інформацію про об'єкти в інформаційних вікнах; приклад наведено на рис. 4.

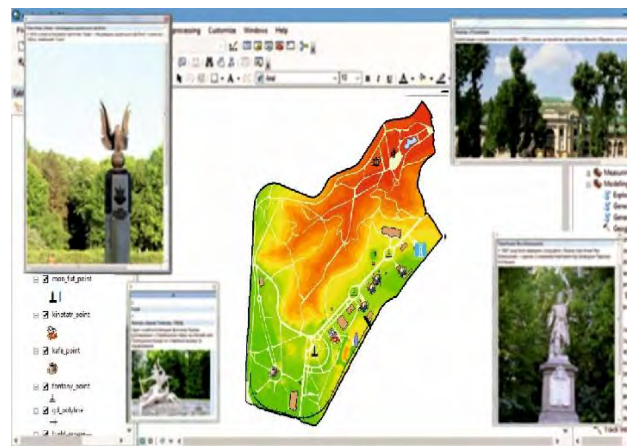


Рис.4. Інформаційні вікна для класу «Пам'ятники»

Перетворення двовимірної матриці висот у тривимірну ЦМР здійснюється у середовищі ArcScene. Реалістичний вигляд тривимірної цифрової моделі місцевості значною мірою залежить від обраної методики моделювання топографічних об'єктів, інженерних рішень та можливостей інструментів для рендерінгу. Ми скористались бібліотекою просторових текстурованих умовних символів, яка є доступною у програмному модулі ArcScene. У результаті отримано тривимірну цифрову модель Стрийського парку. Інструменти повороту, нахилу та масштабування дозволяють наближувати,

збільшувати і деталізувати розгляд окремих ділянок та об'єктів парку, а режим «вільного польоту» дає змогу згенерувати динамічну модель та зберегти її у відеоформаті (рис. 5).



Рис. 5. Фрагмент відео3D моделі
Стрийського парку

Сучасні ГІС – це інтегровані системи, які дозволяють зберігати та опрацьовувати великі масиви геоданих та атрибутивної інформації, векторні та растрові дані різних форматів. З метою збільшення інформативності довідкової ГІС Стрийського парку, до бази даних цифрової моделі парку додано відеофайли деяких пам'яток. Віртуальні 3D моделі пам'яток отримано шляхом опрацювання знімків у спеціалізованому програмному пакеті AutodeskReCap360.

Наприклад, за допомогою смартфона з матрицею 13 мп «по колу», на різних висотах, з базисом знімання приблизно 1 м. було сфотографовано пам'ятник «Львів – батьківщина українського футболу». У результаті опрацювання понад 80 зображень у хмарному сервісі AutodeskReCap360, згенеровано 3D моделі пам'ятника різних видів: TIN, Shaded і текстуровану GRID модель (рис. 6).

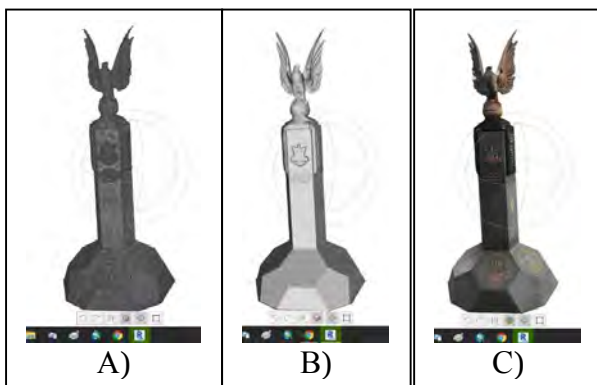


Рис. 6. 3D моделі пам'ятника:
А) 3D TIN; В) 3D Shaded; С) GRID+текстура

Тривимірні моделі в ReCap360 можуть бути завантажені ZIP архівом, який містить власне моделі, супроводжуючі текстури та інші матеріали для подальшого опрацювання.

Відеофайли пам'яток до бази даних Стрийського парку через гіперпосилання у поле таблиці «Пам'ятники».

Висновки

Запропоновано методику створення довідково-інформаційної ГІС для таких об'єктів садово-паркового мистецтва як парки, сквери, лісопарки, які містять велику кількість цінних природних та історичних пам'яток, розташованих на горбистому рельєфі. Точне позиціонування векторизованих об'єктів, відображення їх за допомогою просторових умовних символів на матриці висот, включаючи організацію графічно-атрибутивної бази даних, систему пошуку та візуалізації, дозволяє сформувати таку віртуальну інформаційну модель, яка наближена за всіма показниками до реальної паркової системи і дозволяє детально розглядати, вимірювати та аналізувати всі компоненти парку та їх взаємне розташування. Вперше застосовано інтеграцію двох різних методів і технологій документування пам'яток природи та культури, а саме інструментарій ГІС ArcGis та програму ReCap360 для 3D моделювання окремих об'єктів.

Довідкова геоінформаційна система для Стрийського парку у Львові може мати велике значення у природоохоронній сфері для обліку, документування та збереження паркових об'єктів, так і з науково-пізнавальною метою у туристичній та освітніх галузях. Стрийський парк тут розглянуто як унікальну урбанізовану екосистему, яка містить природні та соціальні компоненти у взаємному гармонійному поєднанні

Збереження, документування та популяризація матеріальної, духовної і природної культурної спадщини – важливе завдання сьогодення, яке можливо реалізувати на всіх рівнях, застосовуючи новітні цифрові технології та інформаційні ресурси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Дорожинський О.Л. та ін. Геоматика в моніторингу довкілля та оцінці загрозових ситуацій. Монографія. – Львів. Вид-во «Львівська політехніка», 2016. – 400 с.

Кузик З., Руцька Л. Методика створення туристичної ГІС Буського району з використанням картографічних матеріалів та ДЗЗ. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2019. – 14-17с.

Е

і

Haller R. Der Einsatz von Geoinformation im Schweizerischen Nationalpark. ArcActuell. ESRI, 2/2009. S. 24-25.

Noterino E., Lago F, D. Morabito, F. Remondino, L. Porzi, F. Poiesi, S. Rota Bulò, P. Whippendale, A. Locher, M. Havlena, L. Van Gool, M. Eder, A. Fötschl, A. Hilsmann, L. Kausch, P. Eisert A SMARTPHONE-BASED 3D PIPELINE FOR THE CREATIVE INDUSTRY – THE REPLICATE EU PROJECT. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W3, 535–541.

Resch, B., Szell, M. 2019. Human-Centric Data Science for Urban Studies. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(12), <https://doi.org/10.3390/ijgi8120584>

Rodríguez-González, A. L. Muñoz-Nieto, S. del Pozo. 4D RECONSTRUCTION AND VISUALIZATION OF CULTURAL HERITAGE: ANALYZING OUR LEGACY THROUGH TIME. Int. Arch. Photogramm.

Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W3, 609–616, <https://doi.org/10.5194/isprs-arch-XLII-2-W3>, 2017.

VACEK S. et al. Východiska ekologicky orientovaného managementu lesních ekosystémů v CHKO Jizerské hory a Krkonošském národním parku. Praha, Česká zemědělská univerzita, Praha. 2012.-198 s. Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W3, 535–541.

METHODS OF CREATION OF THE INFORMATION AND REFERENCE GIS OF STRIY PARK IN LVIV

Kuzyk Z. *, Turchyn N., Chetverikov B.

*Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 12 Bandera St., Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: zkuzyk@yahoo.com

The article is devoted to the problem of documentation and visualization of the complex monument of landscape art "Striysky park" in Lviv. The methodology and technology of creation of the park information system in ArcGis software environment were investigated. According to data gathered through remote sensing, mapping and historical sources, a graphical attribute database was organized and 2D and 3D digital models of landscape and tourist sites were constructed.

Keywords: reference and informational GIS; cultural heritage; classification of objects; graphically attributed databases; digital terrain model; geoinformation mapping; visualization, modeling.

P

S

-

T

e

c

h

n

o

l

o

g

i

Sporttourismus – Erfassung über touristisch

r

e

l

-

УДК 528.498

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ВІДБИВНИХ ПЛІВОК ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ НА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ОБ'ЄКТАХ

**Кубрак О.¹, Серант О.²,
Ярема Н.³, Балян А.¹**

1. Кафедра геодезії,

2. Кафедра вищої геодезії та астрономії

3. Кафедра картографії та геопросторового моделювання
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail:
OlenaKubrak31@gmail.com, ser_oks@i.ua,
n_yarema@i.ua, andriybalyan@qmail.com

Для геодезичного контролю за положенням осей та параметрами поверхонь високотемпературних об'єктів у статичному режимі та під час їх роботи пропонується застосування відбивних плівок.

Ключові слова – відбивні плівки, високотемпературні об'єкти, відхилення від прямолінійності, обертові печі.

Вступ

Постановка проблеми

Способи контролю великогабаритного обладнання електронними геодезичними приладами під час його зупинки висвітлене у багатьох джерелах, проте, актуальним і мало опрацьованим є питання діагностики, наприклад, обертових печей під час їх роботи. Проблеми такого геодезичного контролю пов'язані з багатьма факторами, бо пічка нагрівається до температури 300 градусів, а вимоги щодо точності встановлення досить жорсткі. Відхилення від прямолінійності осі обертання печі, тобто лінії, що з'єднує центри поперечних перерізів підбандажних обичайок, не повинні перевищувати ± 3 мм. Такі самі вимоги до відхилень і геометричної осі корпусу – лінії, що з'єднує центри ваг контурних кривих поперечних перерізів, з тією лише різницею, що відхилення у прогонах можуть сягати ± 10 мм. Відхилення осей опорних роликів не повинні перевищувати $\pm 0,5$ мм на один метр довжини осі ролика.

Аналіз останніх досліджень

Контроль положення основних осей обертових печей, а також визначення параметрів поверхонь бандажа і роликів пропонується

виконувати відносно створів із застосуванням електронних тахеометрів [1, 2, 5]. Запропоновані способи дозволяють на основі тільки створених вимірювань визначити: просторові відхилення осі обертання печі; положення осей роликів, діаметри бандажа та роликів; форми поверхонь їх кочення. У статичному режимі для роботи з електронним тахеометром під час вимірювань можна встановлювати відбивачі або відбивні плівки. Проте, під час руху обертової печі, закріплення відбивачів та спостереження за ними неможливе, бо бандаж і ролики рухомі між собою. В опрацьованих джерелах зустрічається спосіб, де електронним тахеометром вимірювали координати точок просто на поверхні агрегата [3, 4].

Виклад основного матеріалу

У геодезичному контролі електронним тахеометром великогабаритних агрегатів, а саме, визначенні положення осей обертання, найважливішим є точність вимірювання віддалей. Якщо, наприклад, працювати високоточним електронним тахеометром Leica TDRA6000, то згідно його характеристик без відбивача і відбивної плівки віддаль від 2 м до 600 м можна виміряти з точністю ± 2 мм. Але, на думку авторів, навіть така точність приладу в роботі без відбивних поверхонь не може забезпечити вимоги щодо точності встановлення і контролю великогабаритного обладнання як під час руху, так і у статичному стані.

Висновки

Для визначення відхилення положення осей та параметрів поверхонь великогабаритних високотемпературних об'єктів під час їх роботи та забезпечення необхідних вимог точності пропонується використання відбивних поверхонь, зокрема відбивних плівок. Такі плівки дозволяють підвищити точність вимірювань та пришвидшити отримання результатів вимірювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Кузьо І.В., Мороз О.І., Шевченко Т.Г., Кубрак О.Д., Шевченко Г.Т. Спосіб визначення відхилень від прямолінійності осі обертання обертової печі. Пат. на винахід 88124. Україна МПК F27B7/22. Кузьо І.В., Мороз О.І., Шевченко Т.Г., Кубрак О.Д., Шевченко Г.Т.

(Україна) заявлено 29.12.2008 р. На 200815123.
Опубл. 10.09.2009, бюл. 17.

Кузьо І.В., Мороз О.І., Шевченко Т.Г., Кубрак О.Д. Спосіб визначення положення опорних роликів обертової печі. Патент на винахід 86893. Україна МПК F27B7/00. Кузьо І.В., Мороз О.І., Шевченко Т.Г., Кубрак О.Д. (Україна) заявлено 16.11.2007 р. На 200712733. Опубл. 25.05.2009, бюл. 10.

Могильний С.Г., Шоломицький А.А. Спосіб визначення параметрів поверхонь обертових агрегатів. Пат. на винахід 92655. Україна МПК G01B9/00. Могильний С.Г., Шоломицький А.А. (Україна) заявлено 02.03.2009 р. а 200901785. Опубл. 25.11.2010, бюл. 22.

Могильний С., Шоломицький А., Фролов І. Нова технологія визначення геометричних і кінематичних параметрів обертових печей у процесі їх функціонування. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2011. Вип. 21, с. 125 – 131.

О.І. Мороз, О.Д. Приступа, Т.Г. Шевченко, Г.Т. Шевченко. Інженерно-геодезичний контроль прямолінійності осі обертання обертової

печі. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2011. Вип. 74, с. 47 – 50.

ABOUT THE APPLICATION OF REFERENCE FILMS FOR GEODESIC CONTROL ON HIGH-TEMPERATURE OBJECTS

**Kubrak O.¹, Serant O.², Yarema N.³,
Balian A.¹**

¹Department of Geodesy,

²Department of Higher Geodesy and Astronomy

³Department of Cartography and Geospatial Modeling
Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan
Bandera Street, Lviv, Ukraine, 79013. E-mail:
OlenaKubrak31@gmail.com, ser_oks@i.ua,
n_yarema@i.ua, andriybalyan@qmail.com

For geodetic control of the position of the axes and the surface parameters of high-temperature objects in static mode and during their operation, it is suggested to use reflective films.

Keywords: reflective films, high temperature objects, deviations from straightness, rotary kilns.

УДК 528.18

ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТНИХ ДЕФОРМАЦІЙ КОЛОВОЇ ПІДКРАНОВОЇ КОЛІЇ В РЕАКТОРНИХ ВІДДІЛЕННЯХ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ

**Бурак ^{1*} К., Михайлишин ^{1*} В.,
Гринішак ^{1*} М.**

^{1*}. Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 7600, E-mail: Vovamychgeo@gmail.com

Мета. Створення методу визначення висотних деформацій колової підкранової колії реакторного відділення (РВ). Контроль геометричних параметрів підкранових колій проводиться в перші дні ППР. Циклічність визначення параметрів полярного крана залежить від умов його експлуатації і надійності роботи підкранових споруджень. У середньому вона складає один цикл в рік під час ППР згідно регламентованих вимог нормативних документів [СОУ-Н МЕН 2012]. Виходячи з вищесказаного, виникає необхідність створення нового способу визначення висотних деформацій, який забезпечує визначення перевищення між діаметрально протилежними точками колії $m_h = \pm 2$ мм. Вимірювання пропонується виконувати із площадки, на якій розміщена кругова колія.

Ключові слова – колова підкранова колія, деформація, атомна електростанція, полярний кран, цифровий нівелір.

Вступ

Наявність радіації в приміщеннях атомних електростанцій вносить свої корективи в процес геодезичних робіт. У реакторне відділення доступ людей можливий тільки в період зупинки реактора. Тому розроблювальні способи геодезичного контролю колових підкранових колій повинні забезпечити найвищу продуктивність і надійність отриманих результатів, часткову чи повну автоматизацію вимірів. На результати геодезичних вимірів істотний вплив мають коливання повітря, вібрація, перепад температури, рух крана тощо. На сьогодні рекомендовано замість високоточних оптичних нівелірів, які застосовувалися для нівелювання підкранових колій полярних кранів, використовувати електронні нівеліри. Запропоновано методику, яка забезпечує точність $m_h = \pm 2$ мм при використанні точного електронного нівеліра Sprinter 150M або високоточного нівеліра TOPCONDL-501

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Деформації рейок підкранових колій можуть призвести до зупинки чи унеможливлення виконання робіт. Питанням визначення планово-висотного положення підкранової колії займалися такі вчені як Бурак К.О. [Бурак К. О., 1993; Бурак К.О., 2009], Рускова А.М. [Русков А. М., 1994], Баран П.І, Репалов І.М., Пимшин Ю.І., [Пимшин Ю.І., 1999]. В їх роботах пропонується використовувати як оптичні прилади, так і електронні, зокрема тахеометри, але немає обґрунтованої методики використання електронних нівелірів.

Виклад основного матеріалу

Пропонуємо виконувати вимірювання електронним нівеліром із чотирьох точок («віртуальних» станцій), що розміщені зовні утвореного колією кола на площадці обслуговування. Так, як діаметр рейки полярного крана становить 41.5 м, то довжина плеча при нівелюванні не перевищує 20 метрів. Загальна довжина ходу рівна ≈ 80 м.

Джерела похибок нівелювання можна загалом поділити на три групи.

До першої групи належать похибки, пов'язані з нівеліром, до другої – із рейкою і до третьої – із впливом зовнішнього середовища.

Проаналізувавши кожну групу похибок було встановлено, що найбільш значущими при нівелюванні колової підкранової колії будуть: похибка відліку, похибка через нахил рейки, похибка перевищення через наявність нерівності плечей на станції.

Метод визначення висотних деформацій колової підкранової колії здійснюють таким чином. На рейці колії з інтервалом 2,81 м на віддалі 20 мм від внутрішнього краю розмічують керном і насвердлюють 48 точок діаметром 3 мм (рис.1). Нумерують точки таким чином, щоб точки 1 та 25 приблизно співпадали з напрямком будівельної осі I–I, а точки 37 та 13 – співпадали з напрямком будівельної осі II–II (див. рис.1).

Встановлюємо мостовий кран кругової дії так, як зображено на рисунку 1. На площадці обслуговування (п.4) встановлюють штатив із електронним нівеліром посередині між точками 10 та 11. Послідовно встановлюємо на всіх видимих точках нівелірну рейку і визначаємо перевищення в секторі $1 \div 20$. Після виконаних вимірів переставляємо ЕН між точками 35 та 34. Аналогічно проводимо вимірювання в секторі $25 \div 43$ (рис. 2).

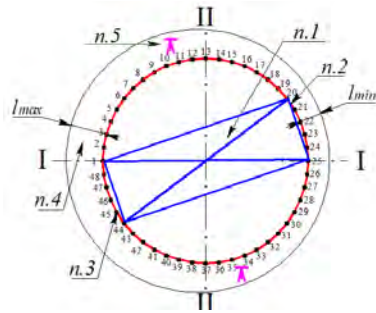


Рис. 1. Нумерація точок на підкрановій колії, де п.1) мостовий кран кругової дії; п.2) колова рейка підкранової колії; п.3) точки на колії; п.4) площадка обслуговування; п.5) місце стояння нівеліра

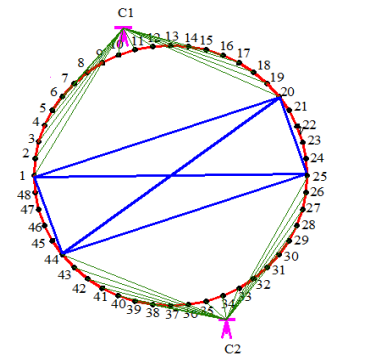


Рис. 2. Розміщення полярного крана для спостереження сектора 1÷20, 25÷43

Далі кран повертають таким чином, щоб звільнити для спостереження сектор 37÷8, та сектор 13÷32 (рис. 3). ЕН встановлюють спочатку між точками 45 та 46 і проводять вимірювання, а потім між точками 22 та 23 і знаходять перевищення в секторі 13÷32. Вузловими точками у даному випадку будуть 4, 17, 28, 41. Віддаль від нівеліра до вузлової точки в секторах 1÷20, 25÷43 ≈ 17 м, а в секторах 37÷8, 13÷32 ≈ 15 м.

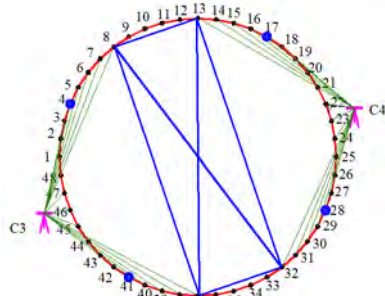


Рис. 3. Розміщення полярного крана для спостереження сектора 37÷8, 13÷32

Висновки

Запропонований метод забезпечує визначення перевищення між діаметрально протилежними точками колії $m_h = \pm 2$ мм, підвищує ефективність і оперативність одержаних результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бурак К. Е. О контроле за состоянием подкранового пути полярного крана реакторного отделения АЭС. Геодезия и картография. Львів. 1993. – № 5 – С. 20–22.
- Бурак К.О. Сучасні проблеми геодезичного контролю експлуатаційної надійності на АЕС та методи їх розв'язання : дис. докт. техн. наук : 05.24.01 Львів, 2009. – 410 с.
- Пимшин Ю.И., Губеладзе А.Р., Науменко Г.А. Контроль геометрии полярного крана // Прикладная геодезия. – Ростов н/Д: РГСУ, 1999. – С. 38. – Деп. ВИНТИ
- Русков А. М. Способ определения радиуса кругового пути полярного крана реакторного отделения АЭС. Геодезия и картография. – 1994. – №4. – С. 31.
- СОУ-Н МЕН 40.1-00013741-79:2012. Настанова з проведення спостережень за осіданням фундаментів, деформаціями конструкцій будівель і споруд та режимом підземних вод на майданчиках теплових та атомних електростанцій. Київ. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. 2012 р.

DETERMINATION OF ALTITUDE DEFORMATIONS OF THE CIRCULAR RAILS IN THE REACTOR SEPARATIONS OF ATOMIC POWER STATIONS

K. Burak^{1*}
V. Mykhailishyn^{1*}
M. Hrynishak^{1*}

^{1*}. Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, E-mail: Vovamychgeo@gmail.com

Creating a method of determining the altitude deformations of the circular rails in the reactor compartment (RC). Control of the geometric parameters of crane rails is carried out in the first days of SPR. The cyclicity of determining the parameters of the polar crane depends on the conditions of its operation and the reliability of the crane structures. On average, it is one cycle per year during SPR according to the regulatory requirements of the regulatory documents [COY-H МЕН 2012]. Based on the above, there is a need to create a new method for determining altitude deformations, which ensures the determination of excess between diametrically opposite points of the rails $m_h = \pm 2$ mm. It is suggested to perform the measurement from the site on which the circular rails is located.

Keywords – circle crane rails, deformation, nuclear power plant, polar crane, digital leveling.

УДК 528.22

ОПРАЦЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЧАСОВИХ СЕРІЙ КООРДИНАТ РЕФЕРЕНЦІЙНИХ GNSS-СТАНЦІЙ УКРАЇНИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ IGPS

Сосонка І.

Кафедра вищої геодезії та астрономії, Національний
університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12,
Львів, Україна, 79013, E-mail: igyna.i.sosonka@lpnu.ua

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) є важливим інструментом для визначення та моніторингу геодинамічних процесів, таких як рух тектонічних плит, або підняття кори в післяльодовиковий період. Безперервні GNSS-спостереження у вигляді часових серій координат часто використовуються для моніторингу деформацій земної кори. Основною метою роботи є опрацювання та проведення подальшого аналізу довготривалих безперервних часових серій координат за допомогою програмного пакету iGPS. Комплексний аналіз часових серій координат дозволяє оцінити придатність цих даних для оцінки геодинамічних процесів. В результаті проведених досліджень ми отримали графіки часових серій координат для кожної станції, та кожної її компоненти. Виявили відхилення, вискоки та зсуви, що значно впливають на кінцеві показники величин середньої квадратичної похибки, за значеннями яких ми порівнювали ефективність використання даного програмного пакету. Провели видалення та згладження часових серій, а також визначили СКП для кожної компоненти координат (East, West, Up).

Ключові слова – GNSS; часові серії координат; iGPS; деформація; перманентна станція; СКП; East; West; Up.

Вступ

Аналіз безперервних часових серій координат є однією із найважливіших частин геодезичних і геодинамічних досліджень. Адже тривалий вплив і неврахування окремих факторів породжують ефект зміщення часового координатного ряду. Невиявлені зміщення, залежно від їх розташування в часовому ряді, зумовлюють суб'єктивні оцінки швидкостей руху станції. Тим більше, якщо довжина часового ряду велика, то сукупний ефект навіть невеликих зміщень може істотно спотворити оцінки швидкостей. Встановлення ступеню придатності GNSS-даних для оцінювання показників сучасних регіональних рухів та деформацій земної поверхні залишається актуальним завданням, особливо коли ці спостереження використовуються для дослідження регіонів із повільною швидкістю деформації. Для таких

регіонів є необхідність використовувати точні і надійні інструменти для опрацювання і аналізу часових серій координат.

Незважаючи на великі зусилля розробників, все ще виникає необхідність у більш функціональних можливостях аналізу часових серій у дослідженнях геодинаміки. Наприклад, для інтервалів даних та інтерполяції, виявлення та видалення викидів та зсувів, а також спектральний аналіз, особливо коли дані розташовані нерівномірно, або взагалі недоступні. Це стає вирішальним фактором для аналізу великої кількості файлів часових серій координат з відносно довгими періодами спостереження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

GPS приймачі встановлювались на різних геофізичних ділянках для вимірювання швидкості зміщення поверхні Землі починаючи з 1980-х років. Оскільки підходи до аналізу даних значно покращилися, часові ряди координат досягли кращої точності [Santamaria – Gomez et al., 2011]. Однак існує необхідність в подальшому вдосконаленні в підходах до аналізу часових серій для вимірювання малих геофізичних похибок. Наприклад, деформації внутрішніх шарів земної кори можуть сягати кілька десятків міліметра на рік, що вимагає точності 0,1 мм/рік [Frankel et al., 2011], і вертикальний припливний рух Землі необхідно отримувати з точністю близько 0,1–0,2 мм/рік [Wöppelmann et al., 2009], щоб не погіршити вимірювання зміни рівня моря. У таких випадках навіть невеликі похибки в часових серіях координат можуть значно впливати на результати спостережень.

Деякі зміни та зміщення в часових серіях координат є відомими та документально зафіксованими (наприклад, заміни обладнання). Та багато із них залишаються невідомими, або відомі не точно. Зміщення в часових серіях координат означають різку зміну показника від середнього значення, що призводить до тривалого впливу на параметри часових серій. Залежно від їх розташування в часовій серії, невизначені зміщення можуть мати шкідливий вплив на оцінку швидкості зміни координат. Наприклад, при оцінці швидкості підняття в Східній Антарктиці, Thomas et al. [2011] повідомили про швидкості приблизно на 2,1 мм / рік нижче, ніж Argus et al. [2011], що призводить до дуже різних інтерпретацій даних. Thomas et al. [2011] припускають, що близько 50% такої різниці отримали внаслідок різного підходу до аналізу даних.

Основною метою роботи є опрацювання та проведення подальшого аналізу довготривалих безперервних часових серій координат за допомогою програмного пакету iGPS.

У цій роботі ми опрацювали та провели аналіз довготривалих безперервних часових серій координат референсних GNSS-станцій за допомогою програмного пакету iGPS. Для виконання даної задачі ми відібрали десять GNSS-станцій, що розташовані на території України. Тривалість часових серій на цих станціях складає сім років безперервних спостережень.

Виклад основного матеріалу досліджень

Під час наших досліджень використано безперервні часові серії у період 2013-2019 років. Оскільки обрані нами станції не входять до складу EPN, створення таких часових серій відбулось в Центрі аналізу LPI.

Вхідними даними для досліджень є файли координат GNSS-станцій, опрацьованих в програмному пакеті GIPSY-OASIS, що зберігаються на сервері Центру аналізу LPI. Також ми використали кілька додаткових програм, створених в Центрі аналізу, для вибору конкретних станцій та необхідний період спостережень. Отримані щоденні файли координат на кожен станцію окремо, ми опрацювали в програмному пакеті GIPSY X, та отримали часові серії в топоцентричній системі координат.

Часові серії є поширеними даними в науках про Землю, і безліч національних організацій та дослідницьких центрів публікують щоденні файли із координатами станцій у різних форматах, які зберігаються на їх серверах. Незважаючи на популярність таких файлів, серед них немає спільного стандарту. Наступний список показує формати, які підтримує програмний пакет iGPS :

- 1) SIO (*.neu; *.xyz;
ftp://garner.ucsd.edu/pub/timeseries/;)
- 2) PBO(*.pos;ftp://data-out.unavco.org/pub/products/position/;);
- 3) JPL (*.lat, *.lon, and *.rad;
ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/usrs/mbh/);
- 4) GLOBK (mb_*.dat?; http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/);
- 5) SCEC(*.csv;http://groups.google.com/group/SCECtransient)
- 6) GAMIT(http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/).

Для перетворення файлів часових серій, завантажених з серверу JPL у внутрішній формат файлів *.neu використовували програму Timeseries.exe, яка була розроблена у Центрі аналізу LPI.

Для опрацювання використовували дані наступних станцій: BCRV (м. Біла Церква), KIRV (м. Кропивницький), СНТК (м. Чортків), CRNI (м. Чернівці), FRAN (м. Івано-Франківськ), RMNK (с. Романківці, Ченівецька обл.), JTMR (м. Жи-

томир), MUKA (м. Мукачеве), SAMB (м. Самбір) та NIKL (м. Миколаїв).

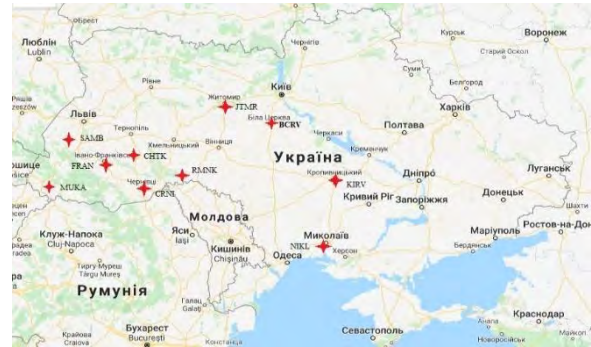


Рис. 1. Розташування GNSS-станцій

Наступним кроком було опрацювання отриманих серій у програмному пакеті iGPS. Програмний пакет iGPS розроблений Yunfeng Tian у державній лабораторії сейсмостійкої динаміки Інституту геології Китайського сейсмологічного управління в 2011 році. З використанням можливостей даного програмного пакету можна виявляти викиди, видаляти аномальні проміжки спостережень, знаходити епохи зсувів або оцінювати амплітуди сейсмічної активності. До додаткових функцій iGPS входять різноманітні можливості для статистики часових серій, вибору станцій та просторової фільтрації.

Із наведеного списку станцій програма в автоматичному режимі може обрати станції із потрібною тривалістю спостережень. Для попередньої перевірки стабільності станції, на панелі побудови графіків можна визначити піврічний або річний тренд. Якщо часовий ряд станції являє собою нелінійні зміщення, він має бути вилучений з опрацювання. Іноді деякі ділянки часових серій є нелінійними або переривчастими. В такому випадку ці ділянки можна видалити із часової серії.

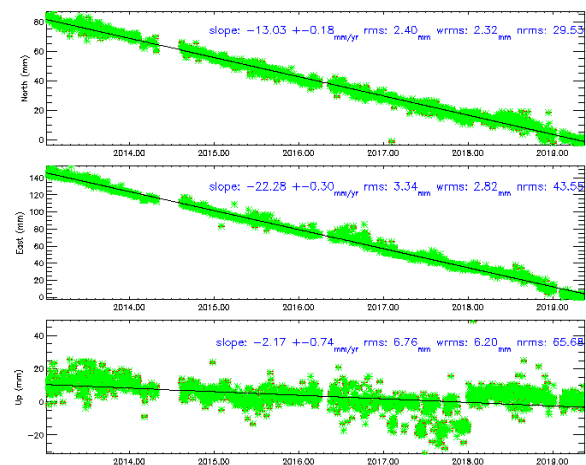


Рис. 2. Часові серії координат станції BCRV по кожній компоненті

Як видно з Рис. 2., програма автоматично визначає та виводить у графічному режимі неопрацьованих часових серій величину СКП на кожному компоненту окремо.

Для автоматичної оцінки лінійної швидкості, річних та піврічних діапазонів, одночасно з компенсаціями та пост сейсмічною релаксацією використовуємо утиліту Model. Якщо після використання даної утиліти на графіках залишилися невиявлені зміщення та зсуви, ми можемо легко знайти їх, переглянувши залишкові графіки часових серій. Після цього їх можна визначити та вилучити вручну за допомогою утиліти Offset Selector.

Кожне зміщення визначається для окремих компонент (East, West, Up), та зберігається у текстовому форматі *.def.

```

Lister - [e:\Time series format\TimeSeriesCutModel\Offset\GLSV.def]

Файл Правка Вид Кодировка Справка
* PROG: iGPS:PSDECAV
* RUN BY: nk @ LAPTOP-96CHGGK8 [Intel164 Family 6 Model 76 Stepping 4, GenuineIntel]
* RUN AT: Microsoft Windows x86_64
* RUN ON: Fri Mar 29 13:11:37 2019 [UTC]
# OFFSETS ADDED BY iGPS
OFFSET GLSV 2015.08008 U 2015 030
OFFSET GLSV 2016.40972 E 2016 150
OFFSET GLSV 2016.89801 E 2016 329
OFFSET GLSV 2016.43059 N 2016 158
OFFSET GLSV 2015.14052 N 2015 055

```

Рис. 3. Фрагмент файлів зміщень часових серій

Для врахування цих зміщень використовуємо утиліту Model повторно, з використанням файлу зміщень.

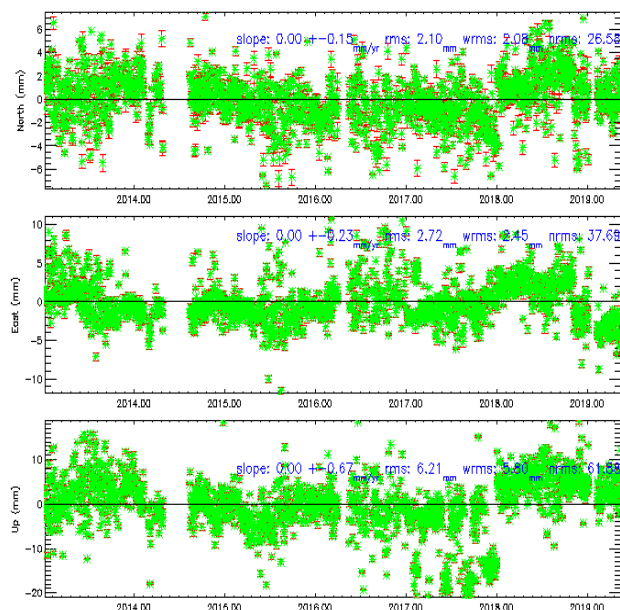


Рис. 4. Повторне опрацювання з урахуванням файлів зміщень часового ряду станції BCRV

Нижче представлена зведена таблиця СКП до і після опрацювання в програмному пакеті часових серій координат.

Таблиця 1

Порівняння величин СКП

Назва станції	СКП, мм (до опрацювання)			СКП, мм (утиліта MODEL із файлом зміщень)			
	N	E	U	N	E	U	%
BCRV	2,14	3,00	6,25	1,88	2,34	4,67	11
KIRV	1,66	1,74	3,98	1,62	1,55	3,56	8
CHTK	2,11	2,52	5,09	1,87	2,03	4,15	17
CRNI	1,95	2,52	5,00	1,76	2,05	4,25	15
FRAN	2,08	3,00	6,25	1,95	2,40	5,75	11
RMNK	2,56	3,80	9,45	2,43	3,66	7,96	15
JTMR	1,58	2,01	5,14	1,49	1,97	3,99	10
MUKA	2,28	1,97	6,18	2,03	1,97	6,16	4
SAMB	2,43	2,00	9,67	1,79	1,76	4,96	18
NIKL	1,92	3,05	4,60	1,78	2,29	4,33	4

Як видно із таблиці вище, значення СКП усіх компонент кожної із опрацьованих станцій значно зменшились.

Висновки

1. На основі проведеного аналізу геодинамічних параметрів, отриманих із часових серій координат GNSS-станцій виявлено, що підвищення точності оцінювання цих часових серій дозволить суттєво покращити геодинамічну інтерпретацію території розташування GNSS-станцій;

2. Проведено згладження часових серій з використанням програмного пакету iGPS, яке дозволило зменшити величини середніх квадратичних похибок від 4 до 18%;

3. Таке згладження часових серій дозволить отримати більш якісну картину геодинамічної ситуації досліджуваного регіону розташування GNSS-станцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Савчук С. Г. (2007). *Проблемні питання під час використання сучасних супутникових технологій визначення координат*. Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвідом. наук.-техн. зб. Львів, Вип. 69. ст. 20–33.

Третяк, К.Р., Вовк А.І (2012). *Дослідження динаміки горизонтальних рухів земної кори*

- европи за даними gnss-спостережень (2000–2010 pp.). Геодинаміка 2(13)/ ст.5-17.
- Adrian Kaczmarek, Bernard Kontny (2018). *Estimates of seasonal signals in gnss time series and environmental loading models with iterative least-squares estimation (iLSE) approach*. Acta Geodyn. Geomater., Vol. 15, No. 2 (190), 131–141.
- Dong, D., Herring, T.A., King, R.W. (1998). *Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data*. J. Geodesy 72 (4), 200–214.
- Geoffrey Blewitt, David Lavallée (2002). *Effect of annual signals on geodetic velocity*. Journal of Geophysical Research, Solid Earth Volume 107, Issue B7, Pages ETG 9-1-ETG 9-11.
- Yunfeng Tian (2011). *iGPS: IDL tool package for GPS position time series analysis*. Journal GPS Solutions archive Volume 15 Issue 3, Pages 299–303.
- Borre, Kai, Tiberius, Christian (2000). *Time Series Analysis of GPS Observables*. Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 2000), Salt Lake City, UT, Pages 1885-1894.
- Kenyeres A., Bruyninx C. (2009). *Noise and eriodic Terms in the EPN Time Series*, “Geodetic Reference Frames”, IAG Symposia Series, Vol. 34, Sringer, 143-149
- Matt A. King, Christopher S. Watson (2010). *Long GPS coordinate time series: Multipath and geometry effects*. Journal of Geophysical Research Atmospheres 115(B4) B04403.
- Mohammad Ali Goudarzi, Marc Cocard, Rock Santerre, Tsehaie Woldai (2012) *GPS interactive time series analysis software*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Simon D. P. Williams, Yehuda Bock, Peng Fang, Paul Jamason, Rosanne M. Nikolaidis, Linette Prawirodirdjo, Meghan Miller, Daniel J. Johnson JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 109, B03412.
- Xiaoxing Hea, Jean-Philippe Montilletc, Rui Fernandesd, Machiel Bosd, Kegen Yuf, Xianghong Huaf, Weiping Jiangb(2017).

Review of current GPS methodologies for producing accurate time series and their error sources. Journal of Geodynamics 106 Pages 12–29.

PROCESSING AND ANALYSIS OF TIME SERIES COORDINATES OF REFERENCE GNSS STATIONS OF UKRAINE WITH THE USE OF THE IGPS SOFTWARE

Sosonka I.

Department of Higher Geodesy and Astronomy, Lviv
Polytechnic National University, vul. Bandera 12, Lviv,
Ukraine, E-mail: iryana.i.sosonka@lpnu.ua

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) is an important tool for identifying and monitoring geodynamic processes such as tectonic plate movement or post-ice crust uplift. Continuous GNSS observations in the form of time series coordinates are often used to monitor crustal deformation. The main purpose of the work is to work out and further analyze the long continuous time series of coordinates using the iGPS software package. A comprehensive analysis of the time series of coordinates allows us to evaluate the suitability of these data for the evaluation of geodynamic processes. As a result of our research, we obtained graphs of time series of coordinates for each station and each of its components. We found deviations, jumps and displacements that significantly affect the final values of the mean squared error, by the values of which we compared the efficiency of using this software package. Performed deletion and smoothing of time series, and defined the UPC for each component of coordinates (East, West, Up).

Keywords – GNSS; time series of coordinates; iGPS; deformation; permanent station; RMS; East; West; Up.

УДК 528.46:711.14

ОЦІНКА ВИДОВОЇ СТРУКТУРИ ЛІСОВИХ МАСИВІВ ПІВДНЯ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РІЗНОЧАСОВИМИ ЗНІМКАМИ SENTINEL-2

Мельник¹ О. *, Волошин¹ В., Манько¹ П.,
Волошин¹ М.

1* Кафедра геодезії землевпорядкування та кадастру,
Східноєвропейський національний університет
ім. Лесі Українки, просп. Воли 13, Луцьк, Україна, 43025,
E-mail: hockins@eenu.edu.ua

Запропоновано методику дослідження природно-заповідних територій із використанням ГІС QGIS та даних дистанційного зондування Землі Sentinel-2 в обмеженому періоді часу, яку апробовано на чистини територій Осівського, Вербичанського та Турійського лісництв Волинської області. За результатами попередньої обробки даних обрано 7 класів, що відповідають поширеним там породам дерев. Проведено контрольовану класифікацію супутникових зображень, що зроблені в різні пори року та розраховано точність визначення площ кожного класу. Проведено комбінування знімків для отримання групи з найвищою точністю визначення площ класів.

Ключові слова – дистанційне зондування Землі; космічний знімок; моніторинг лісів; період часу; контрольована класифікація.

Вступ

Класифікація лісів потрібна для вирішення багатьох екологічних та господарських питань, пов'язаних з визначенням лісових класів та/або процесів сукцесії [Laurin G.V., 2013], міри заліснення та вирубок лісів [Hirose K., 2016, Omruuzun F., 2015], глобальних екологічних змін [Trumbore S., 2015] тощо. Всі ці сфери застосування вимагають дуже точного картографічного відображення та моніторингу типів лісу, що до цих пір було важко здійснювати з належною якістю, оскільки існували значні спектральні та просторові обмеження, а також досить низька роздільна здатність даних, що доступні з відкритих джерел (наприклад, Landsat, MODIS).

Попередні дослідження з використанням мультиспектральних даних ДЗЗ, вказують на те, що хвилі видимого та близького до інфрачервоного діапазонів є дуже перспективні у вирішенні питання класифікації лісів [Immitzer M., 2016, Moore M.M., 1990, Waser L.T., 2014]

Альтернативним варіантом для дослідження лісів можуть бути безпілотні літальні апарати. За

останні роки вони стають все популярнішими для виконання таких робіт, однак використання їх для масштабних робіт ще на тестовому етапі. Точність визначення типів лісонасаджень також має важливе значення для ефективного ведення та планування лісового господарства, для оцінки об'ємів деревини та моделювання розподілу видів та ареалів [Foody G. M., 2003].

Отже, використання високоякісних багатоспектральних даних дистанційного зондування Землі для картографування та моніторингу лісовкритих площ є актуальним.

Виклад основного матеріалу

Сучасний рівень лісистості Волині 34,6%. Найбільша площа лісів в Маневицькому (65% його території) та Камінь-Каширському (41%) районах. Найбільш поширеними є хвойні породи – 60% лісів, м'яколистяні (береза, осика) – 24%, твердолистяні – 16%. Лісові ресурси області становлять 16,2% сумарного ПРП.

Місія Sentinel-2 (S2), яка розпочалася у червні 2015 року, має великий потенціал для точної класифікації та моніторингу типів лісів у великих масштабах [Baillarin S.J., 2012]. S2 поєднує високу роздільну здатність, значне покриття та високу частоту оновлення знімків (близько 5 днів), що дає великі можливості для чіткого розрізнення класів наземних покриттів. S2 має багатоспектральний сенсор з 13 смугами, від 0,443 до 2,190 мкм. Мультиспектральні дані у видимому та NIR діапазонах, які доступні в 10 м просторовій роздільній здатності найкращим чином пасують для розпізнавання рослинних покривів. Також доступні чотири сегменти червоного спектру з роздільною здатністю 20 м на піксель, які слугують для аналізу вмісту хлорофілу.

Об'єктом дослідження було обрано один з найбільших лісових масивів півдня Волинської області, що розташований на межі Турійського та Володимир-Волинського районів (рис.1). Його площа становить 65.61 км².

Для роботи використано 12 мультиспектральних супутникових знімків S2, які були зроблені в період з березня по листопад 2019 року.

Для знімків було здійснено атмосферну корекцію та ресамплінг з роздільною здатністю 10 м в середовищі QGIS з використанням розширення Semi-Automatic Classification Plugin. В подальшому отримані знімки було обрізано по області інтересу.

Існуючі плани лісонасаджень території лісництв були основою для вибору ділянок при створенні класифікатора для контрольованої класифікації. Саме з їх допомогою обирались ділянки з характерними видами рослинності при формуванні навчальних вибірок для контрольованої класифікації.



Рис. 1. Територія дослідження

Перевага у виборі віддавалась виділам із замкненими кронами дерев.

Першочерговим завданням було створення класифікатора контрольованої класифікації, що відповідав би легенді плану лісонасаджень.

В табл.1 представлено відповідність видів деревної рослинності та кольорів створених макро-класів.

Таблиця 1

Відповідність макро-класів та кольорів класифікатора

№	Клас	Колір
	Сосна, модрина	Оранжевий
	Ялина, ялиця	Пурпурний
	Дуб високоствовбурний, червоний	Бурштиновий
	Бук, явір	Жовтий
	Габ, ільмові	Сіро-блакитний
	Береза	Блакитний
	Вільха чорна	Пурпурний
	Осика, вільха сіра	Зелений

Наступним кроком була класифікація всіх знімків. Результатом процесу класифікації є растрове зображення в якому відповідні ідентифікатори класів співставленні з окремими пікселями вихідного зображення і відображаються в обраній користувачем кольоровій гамі. На основі створених навчальних вибірок було виконано контрольовану класифікацію області інтересу в середовищі QGIS з використанням розширення Semi-Automatic Classification Plugin. Після класифікації обов'язково потрібно провести розрахунок точності виконаної роботи. Найпоширенішим методом оцінки точності є розрахунок матриці похибок в якій порівнюються дані отриманого зображення з контрольними даними для відповідної кількості класифікаційних одиниць. Відповідно, на основі отриманої

матриці похибок розраховується загальна точність класифікації, як відношення вірно класифікованих елементів до загальної кількості елементів вибірки.

На рис.2. представлено результат класифікації знімка від 1 липня 2019 року.

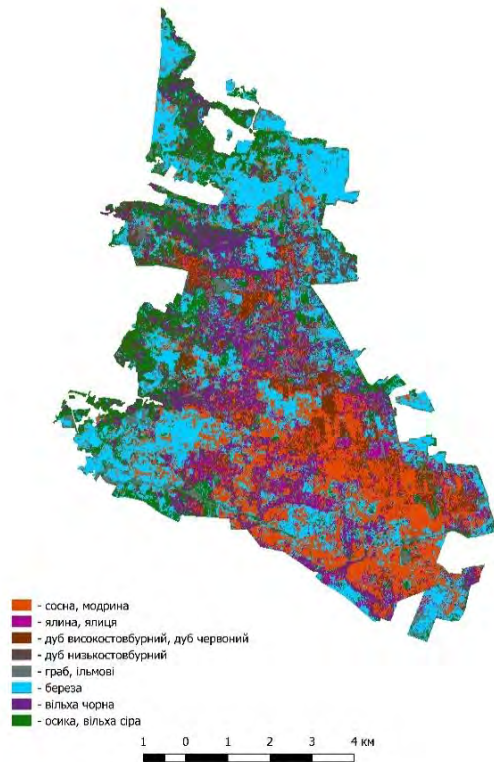


Рис. 2. Результат класифікації знімка від 1 липня 2019 року.

Наступний етап передбачає аналіз результатів класифікації шляхом дослідження тимчасових фенологічних закономірностей.

Вегетаційний червоний край, належить до області швидкої зміни коефіцієнта відбиття вегетації в ближньому інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектру. Хлорофіл, що міститься в рослинності, поглинає більшу частину світла у видимій частині спектру, але стає майже прозорим на довжинах хвиль, що перевищують 700 нм. Таким чином, рослинність клітинна структура бере важливу участь у відбиванні світла, бо кожна клітина діє як елементарний кутниковий відбивач. Це приводить до швидких змін, які можуть бути від 5% до 50%-вої відбивної здатності між 680 нм до 730 нм, тому відбиваючі характеристики (RE1, Band 5) мають більшу різноманітність, ніж у видимих смугах. Коефіцієнт відбиття для широколистяних видів був вище, ніж хвойних майже протягом усього вегетаційного періоду. Серед широколистяних видів у смузі RE1 найбільший коефіцієнт відбиття припадає на бук (весна), вільху (пізня весна) та габ (кінець літа та осінь). Береза характеризувалася найменшим коефіцієнтом відбиття. У діапазо-

нах червоного краю 2 (RE2, Band 6), червоного краю 3 (RE3, Band 7) та ближнього інфрачервоного діапазону (NIR 1 та NIR 2, Band 8 та 8a) величини відбиття демонстрували дуже схожі закономірності. Найвищі значення та найбільша мінливість між видами в цих частинах спектру мали місце в кінці весни та літку (з травня по серпень). Пік відбиття відбувся протягом травня – червня, а після цього коефіцієнт відбиття повільно зменшувався. Різке зниження коефіцієнта відбиття спостерігалось у широколистяних видів між 9 та 14 жовтня. Найбільш різке зниження значень відбиття відбулося для бука в смугах RE2 та RE3. Хвойні породи мали подібні значення відбиття, які були значно нижчими за величини широколистяних: найвища для ялини та найнижча для сосни літку. Протягом листопада відбивання сосни перевищувало всі види. Серед широколистяних видів береза характеризується значно нижчими значеннями, ніж інші. У короткохвильовому інфрачервоному спектрі (SWIR1, Band 11) найвищі відмінності у відбитті мали місце протягом листопада. Для граба була менша відбивна здатність на початку весни, ніж для інших видів широколистяних; однак, вони були подібними до початку травня. У SWIR2 (Band 12) шаблони відбиття характеризувалися меншими значеннями літку та більш високими значеннями навесні та восени. Найвищий пік відбиття відбувся 12 квітня в обох діапазонах SWIR. Серед хвойних порід коефіцієнти відбиття були схожі протягом усього вегетаційного періоду, з аналогічним відбиттям для ялини та ялиці та більш високим коефіцієнтом відбиття для сосни. На основі результатів оцінки спектрально-часових моделей ми обрали 12 комбінацій зображень для подальшої класифікації лісових дерев (табл. 2).

Таблиця 2

Вибрані комбінації знімків для класифікації

Кількість знімків	Комбінація знімків
Два	
Три	30.04/14.10/17.10 05.05/14.10/17.10 05.04/05.05/08.11
Чотири	05.04/05.05/14.10/08.11 30.04/05.05/17.10/08.11
П'ять	30.04/05.05/14.10/17.10/08.11
	Всі знімки

При класифікації лісових порід дерев з одинарним зображенням Sentinel-2 ми досягли найкращої точності за 30 квітня, а потім у поєднанні знімків від 9 жовтня та 12 квітня – 87,39%, 87,08% та 84,94% Overall accuracy (OA)

відповідно. У класифікації поєднання двох зображень (одного з весни та одного з осені) OA значно покращилась до 90,19%. Додавання більшої кількості зображень до цієї комбінації призвело лише до незначного покращення; для трьох зображень (весняні та два осінні зображення): 91,8% OA; для чотирьох зображень (дві весни та дві осені): 92,09% OA; і для п'яти зображень: 92,38% OA (рис. 3). Використання всіх доступних зображень не поліпшило точність класифікації лісових видів (92,12% OA).

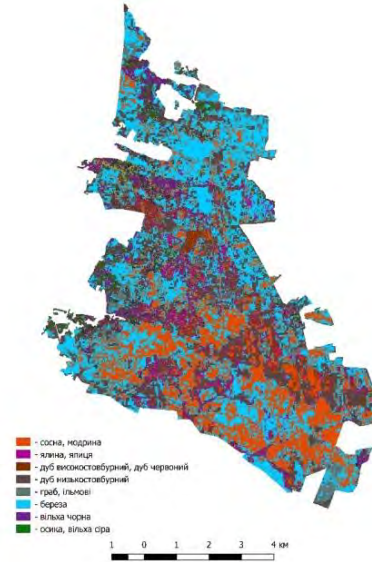


Рис. 3. Результат класифікації комбінації п'яти знімків

Найвища точність роботи алгоритму була досягнута для бука звичайного, граба, ялини та сосни, тоді як найвища користувальська точність для бука, граба, ялиці, ялини, модрина та сосни. Найнижчі точності були для берези та сірої вільхи. Поєднання принаймні двох зображень у різні пори року призвело до точної класифікації (вище 90%). Однак використання все більшої кількості зображень для класифікації не обов'язково призводило до вищої точності менш поширених видів. Це було особливо помітно для берези, у якій точність роботи алгоритму та користувальська точність зменшувалася зі збільшенням кількості зображень. Точність граба та ялини зростає та досягла найвищих значень для класифікації п'яти зображень.

На основі оцінки точності класифікації ми обрали найкраще поєднання знімків та склали підсумкову карту лісових порід дерев для найкращого поєднання (30 квітня / 5 травня / 14 жовтня / 17 жовтня / 8 листопада) (рис. 3). Найпоширенішими видами були береза (36%), сосна (19%), дуб високоствовбурний (15%) та ялина (14%). Іншими основними видами були вільха (10%), граб (4%) та дуб низькоствовбурний (2%).

Висновки

Сучасні відкриті дані дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності, дозволяють в повній мірі вдосконалити методику таксації лісових масивів, зокрема визначення переважаючих порід.

Методика комбінування знімків різних часових періодів дозволяє підвищити точність визначення ділянок з однорідною деревною рослинністю для таксаційних потреб, проводити моніторинг за вирубками, як законними так і незаконними, а також сприяє покращенню моніторингу за екологічною ситуацією, зокрема за висиханням окремих порід дерев.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бурштинська Х.В., Поліщук Б.В., Ковальчук О.Ю. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення // Геодезія, картографія та аерофотознімання. 2013. № 78. С. 101-110. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/20062>
- Гром М.М. Лісова таксація: навч. посіб. Львів, 2007. 413 с.
- Baillarin S.J. Sentinel-2 level 1 products and image processing performances / Baillarin S.J., Meygret A., Dechoz C., Petrucci B., Lacherade S., Tremas T., Isola C., Martimort P., Spoto F. // IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. 2012. P. 7003-7006.
- Foody G. M. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions / Foody G. M., Boyd D. S., Cutler M. E. // Remote sensing of environment. 2003. Vol. 85, Issue 4. P. 463-474.
- Hirose K. Contribution of Hyperspectral Applications to Tropical Peatland Ecosystem Monitoring / Hirose K., Osaki, M., Takeda, T., Kashimura O., Ohki, T., Segah H., Gao Y., Evri M. // Tropical Peatland Ecosystems. 2016.
- Immitzer M. First experience with sentinel-2 data for crop and tree species classifications in Central Europe / Immitzer M., Vuolo F., Atzberger C. // Remote Sensing. 2016. Vol. 8, Issue 3.
- Laurin G.V. Optical and SAR sensor synergies for forest and land cover mapping in a tropical site in West Africa / Laurin G.V., Liesenberg V., Chen, Q., Guerriero, L., Del Frate, F., Bartolini, A., Comomes D., Wilebore, B., Lindsell, J., Valentini, R. // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2013. Vol. 21. P. 7-16.
- Moore, M.M. Classification of forest vegetation in North-Central Minnesota using Landsat multispectral scanner and thematic mapper data / Moore, M.M., Bauer, M.E. // Forest Science. 1990. Vol. 36. Issue 2. P. 330-342
- Omruuzun F. Utilizing hyperspectral remote sensing imagery for afforestation planning of partially covered areas / Omruuzun F., Baskurt D.O., Daglayan H., Cetin Y.Y. // In SPIE Remote Sensing (pp. 96432N-96432N). International Society for Optics and Photonics. 2015.
- Trumbore S. Forest health and global change / Trumbore S., Brando P., Hartmann H. // Science. 2015. Vol 349. P. 814-818.
- Waser, L.T. Evaluating the potential of WorldView-2 data to classify tree species and different levels of ash mortality/ Waser, L.T., Küchler, M., Jütte, K., Stampfer, T. // Remote Sensing. 2014. Vol.6. Issue 5. P. 4515-4545.
- QGIS. A Free and Open Source Geographic Information System // QGIS. URL: <http://www.qgis.org/>

ESTIMATION OF THE SPECIES STRUCTURE OF WOODLANDS IN SOUTH VOLYN REGION USING THE SENTINEL-2 TIME SERIES

Melnyk¹ O.*, Voloshyn¹ V., Manko¹ P., Voloshyn¹ M.

^{1*} Department of Geodesy, Land Management and Cadastre, Lesya Ukrainka Eastern European National University, 13 Volya Avenue, Lutsk, Ukraine, 43013, E-mail: hockins@gmail.com

Nature reserves research methodology with the use of QGIS GIS and remote sensing data of the Earth Sentinel-2 for a limited period of time, which was tested for clearing the territories of the Osiv, Verbichan and Turi Forestry of Volyn region, is proposed. According to the preliminary data processing results, 7 classes were selected corresponding to the common tree species. Controlled classification of satellite images, taken at different times of the year, is performed and the accuracy of area determination of each class is calculated. The images were combined to obtain the group with the highest precision of class area determination.

Keywords – Earth remote sensing; space photo; forest monitoring; time; controlled classification.

УДК 528.92

ЗАСТОСУВАННЯ ГІС – ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УРБАНІЗАЦІЇ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

Севрук А.^{1*}, Бабій Л.^{1*}

^{1*}. Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail:
ania.sevruk@gmail.com

Метою роботи є аналіз змін розвитку урбанізації м. Хмельницького за останні десятиліття використовуючи дані дистанційного зондування та з використанням сучасних ГІС технологій. Отримані дані показують реальні зміни у розвитку міста та підкреслюють необхідність проведення просторового аналізу таких змін.

Ключові слова – урбанізація; космічні знімки; місто Хмельницький; чисельність населення; ГІС-технології; демографія.

Вступ

За допомогою ГІС-технологій процес урбанізації можна розглядати більш детально, створюючи тематичні карти та бази даних розвитку міських осередків та на основі цих даних можна аналізувати та прогнозувати економічні, соціальні, демографічні процеси міста та країни в цілому.

Постановка проблеми.

Як і всі сучасні міста України, м. Хмельницький протягом останніх десятиліть зазнає значних змін. Внутрішні міграційні процеси призводять до відтоку населення з сільської місцевості та збільшення кількості населення міста. Це спричиняє потребу в будівництві нових житлових площ, що веде за собою зміну інфраструктури, дорожньої мережі, соціальних об'єктів, тощо. Метою дослідження є застосування ГІС-технології для дослідження процесів урбанізації та аналіз їх впливу на загальний розвиток міста. Використовуючи дані дистанційного зондування Землі виконується порівняння стану змін розбудови міста за 10 років, аналіз чинників та наслідків цих змін.

Виклад основного матеріалу

Урбанізація – одна з найважливіших процесів цього століття [Кузьменко, 2012]. Її розглядають як позитивну тенденцію розвитку світу, як об'єктивний процес, пов'язаний із забезпеченням для все більшого числа жителів планети умов для більш зручного, комфортабельного, здорового життя, для більш повного розвитку здібностей. Ур-

банізація супроводжується не тільки позитивними змінами в житті людей, але й негативними, зокрема забрудненням навколишнього середовища, перенаселенням території та збільшенням негативних суспільних явищ.

ГІС допомагає визначити зміни географічних особливостей або поведінки земельної ділянки за визначений час. Така інформація дає можливість приймати обґрунтовані рішення щодо стану розвитку району та відповідно планувати його майбутнє [Yeh, 2013].

Для створення таких даних потрібні спеціальні програмні засоби. Одна з таких є програмний пакет ArcGIS. За допомогою якого можна проводити територіальний аналіз і за його результатами складати цифрові карти, різного масштабу і відображати: сучасний план використання території; схему організації розселення, рекреаційного туризму та культурно-побутових послуг; схему транспортного, меліораційного та інженерного забезпечення; комплексну оцінку території; план охорони навколишнього середовища і інженерної підготовки території [Байрамов, 2013]. На основі комплексної оцінки потенціалу регіону з застосуванням інструментарію ГІС проводиться просторовий аналіз сучасних трудових ресурсів і необхідної кількості населення по етапах перспективного розвитку, а також умов навколишнього середовища, розподілу особливо охоронюваних територій та історико-культурних пам'яток, заходів з інженерної підготовки та інженерно-технічної інфраструктури проектування території.

Для порівняльного аналізу кількості міського та сільського населення за різні роки, було взято дані перепису населення [<http://www.km.ukrstat.gov.ua>] та складені відповідні графіки (див. рис.1. та рис.2.).

На рис.1. представлена чисельність міського населення м. Хмельницького за 2008-2019 роки, яке збільшилось на 12,947 тис. осіб.

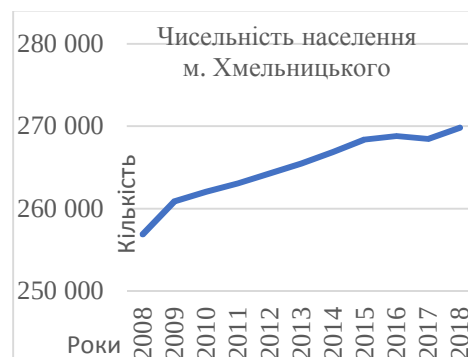


Рис.1. Середня чисельність міського населення м. Хмельницького

На рис.2. представлено чисельність сільського населення починаючи з 2008 року до 2015 (дані

від 2016 і по сьогодні відсутні), яке зменшилося на 58 тис. осіб.

Отже, можна зробити висновок про наявність міграційних процесів з сільської території в місто.

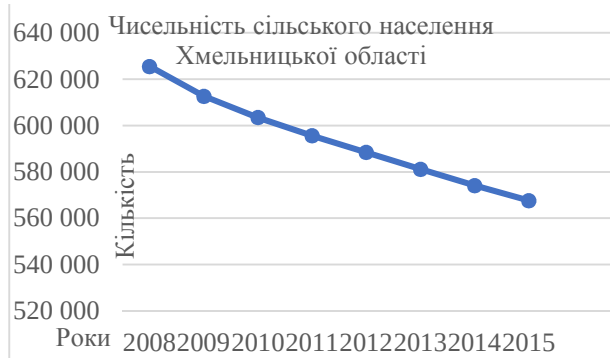


Рис.2. Середня чисельність сільського населення м. Хмельницького

Для аналізу розбудови міста були використані космічні знімки (див. Рис.3. та Рис.4.), завантажені з програмного забезпечення SAS Planet за різні роки.



Рис.3. Фрагмент космічного знімка м.Хмельницького 2008 р.



Рис.4. Фрагмент космічного знімка м.Хмельницького 2019 р.

Висновки

З попередньої оцінки видно, що кількість населення та забудовані території міста збільшилися. Це означає, що економічний потенціал зростає, інфраструктура та забудова міста інтенсивно розвивається, в свою чергу це спричиняє створення нових робочих місць. Але це дає і негативний чинник – забруднення навколишнього середовища,

недостатня кількість соціальних об'єктів, надлишкове навантаження на старі комунальні мережі, тощо. Зростає кількість жителів – зростає кількість твердих побутових відходів, рівень використання ресурсів та навантаження систем відведення. На дорогах створюється дорожні затори, що в свою чергу збільшує викиди вихлопних газів.

Сучасні засоби ГІС-технологій дають можливість виконати аналіз як позитивних, так і негативних чинників процесів урбанізації, що дасть змогу врахувати їх для майбутнього планування змін та розвитку міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Байрамов И. ГИС в проектах регионального планирования на территории Азербайджанской Республики. ArcReview. 2013. В. 2 (65). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=10535&SECTI ON_ID=285.
- Кузьменко Д.М. Дефініція поняття «урбанізація» в суспільній географії. Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців з міжнародною участю. м. Харків. 2012 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/7706>.
- Yeh A. G-O. Urban planning and GIS. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications. 2013. V. 2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch62.pdf.
- Сайт Головного Управління Статистики у Хмельницькій області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/dem/kn/kn0518.htm>.

APPLICATION OF GIS-TECHNOLOGY FOR ANALYSIS OF URBANIZATION PROCESSES OF THE KHMELNITSKY CITY

Sevruk¹ A. *, Babi¹* L.

¹*Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, Stepana. Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, E-mail: ania.sevruk@gmail.com

Purpose of the research: analysis of changes in the urbanization of Khmelnytskyi over the past decades, on remote sensing data and using modern GIS technologies.

Obtained data show real changes in city development and underline the necessity to make spatial analysis of changes.

Keywords – urbanization; space images; Khmelnytsky; population; GIS – technologies; demography.

УДК 528.18

Методика

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОХИБОК НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ ВИСОКОТОЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО ТА GNSS-НІВЕЛЮВАННЯ

Федорчук А.

Кафедра вищої геодезії та астрономії, Національний
університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12,
Львів, Україна, 79013, E-mail:
alinafedorchuk743@gmail.com

В класичній геодезії системи висот здебільшого будували наземним методом високоточного геометричного нівелювання. Наразі, стало актуально застосовувати сучасний підхід, тобто метод GNSS-нівелювання для розв'язання такого роду задач. В даній роботі шляхом порівняльного аналізу розглянуто похибки нормальних висот, що визначені двома методами – методом високоточного геометричного нівелювання та методом GNSS-нівелювання.

Ключові слова – GNSS; похибки; нівелювання; висоти; геоїд.

Вступ. Постановка проблеми

GNSS-нівелювання – це метод визначення висот точок земної поверхні, який дає можливість на основі супутникових даних отримати значення висот в різних системах одночасно. В даному методі основною висотою (першочерговою) є еліпсоїдна висота, або так звана геодезична. Інші висоти, наприклад ортометричну та нормальну, обчислюють на основі різниці між еліпсоїдною висотою та висотою геоїда або квазігеоїда відповідно.

Визначення висот точок фізичної поверхні Землі даним методом має свої переваги та недоліки. Основним недоліком є відносно невисока точність визначення фізичного типу висот, таких власне як, ортометричні/нормальні висоти. Загальна похибка такої висоти за даними GNSS-спостережень більшою мірою залежить від точності модельної поверхні геоїда/квазігеоїда. Однак, до неї входить також похибка визначення еліпсоїдної висоти, яка залежить від характеристик точності приймача, віддаленості пункту спостережень від контрольної станції та тривалості сесії.

Мета

Метою даної роботи є виконати порівняльний аналіз похибок нормальних висот визначених методом GNSS-нівелювання та високоточного геометричного I-II класів точності.

На основі даних GNSS-нівелювання та даних каталогів висот 1954-91 рр. було отримано різниці нормальних висот на пунктах високоточного нівелювання, тобто так звані загальні похибки нормальних висот (Δ_0).

Наступний етап передбачав розрахунок точності визначення GNSS-висоти (m_{GNSS}) для вилучення її значення із загальної похибки. Дану похибку обчислено за точністю приймачів та довжиною базисної лінії. Після вилучення похибки GNSS-висот, залишається похибка моделі геоїда (Δ_1). Для наочного порівняння похибок методу GNSS-нівелювання та точності геометричного нівелювання за базисними лініями було обчислено допустимі нев'язки умовних GNSS-ходів відносно станції Sulp.

Далі на основі середнього значення похибки Δ_0 було скориговано модельні значення геоїда EGM2008 та порівняно їх з обчисленим геоїдом/квазігеоїдом ($H^{GNSS}-H_{кат.}^{Геоїд}$). Таким чином було отримано залишки похибок моделі геоїда ($\Delta_{0(кор.)}$) та еліпсоїдної висоти. Так само враховано середнє значення похибки Δ_1 , що в результаті коригування дало залишки похибки моделі геоїда $\Delta_{1(кор.)}$.

Результати

В таблиці 1 представлено результати обчислених статистичних характеристик похибок: загальної, похибки моделі геоїда EGM2008 та похибки визначення еліпсоїдної висоти.

Таблиця 1

Статистичні характеристики похибок

Похибки	Статистичні характеристики			
	avg., м	min, м	max, м	σ , м
Δ_0 , м	0,064	0,034	0,091	0,017
Δ_1 , м	0,051	0,022	0,073	0,016
m_{GNSS} , м	0,013	0,009	0,018	0,003

За довжинами базисних ліній (від найкоротшого до найдовшого базису) було побудовано графік динаміки зміни похибок в залежності від віддаленості пункту від контрольної станції (рис. 1).

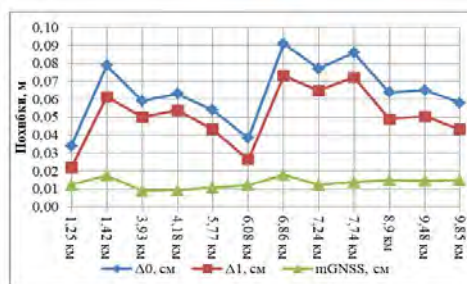


Рис. 1. Динаміка зміни похибок за довжинами базисів

Як видно з рисунка 1, похибка визначення еліпсоїдної висоти змінюється з віддаленістю від контрольної станції, в межах 10 км на рівні міліметрів. Однак, за ідентичних умов точність приладу має вагомий вплив на дану похибку (1,25 км, 1,42 км, 6,86 км – GPS-приймачі 10 мм/км). Зміна похибки моделі геоїда за такою закономірністю не прослідковується.

Величини похибки моделі та GNSS-висот було зіставлено з розрахованими допустимими нев'язками, умовних GNSS-ходів (базисів), як зображено на рисунку 2.

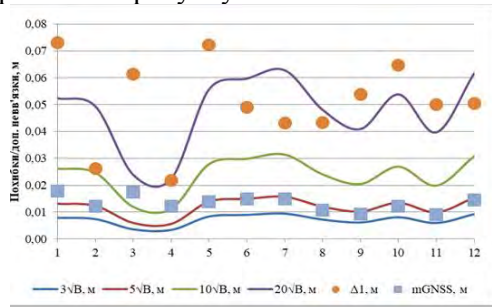


Рис. 2. Порівняння похибок з нев'язками GNSS-ходів

Як видно з рис. 2, похибка визначення GNSS-висоти близька по точності до II-го класу геометричного нівелювання. Загальна похибка та похибка моделі геоїда має дещо розсіяні значення, що свідчить про недостатню точність моделювання геоїда на територію спостережень.

За середнім значенням загальної похибки (див. табл. 1) виконано спробу коригування EGM2008, після чого знайдено різниці з висотами обчисленого геоїда/квазігеоїда та отримано деякі залишкові похибки ($\Delta_{0(кор.)}$). Ідентичні обчислення зроблено для похибки Δ_1 , з результатом залишків $\Delta_{1(кор.)}$. Графічний результат розрахунків представлено на рисунку 3.

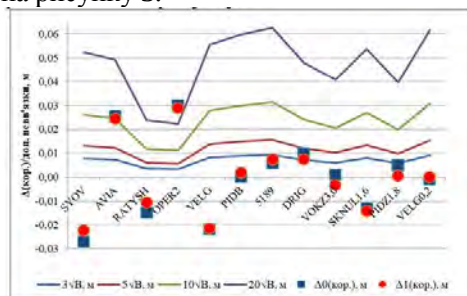


Рис. 3. Залишкові похибки коригування моделі геоїда EGM2008

З даних рисунку 3, можна побачити, що після коригування середніми значеннями похибок, залишки набувають як додатних, так і від'ємних значень. Це може свідчити про те, що поверхня «реального» геоїда/квазігеоїда більш «хвилю-подібна» ніж поверхня змодельованого

геоїда EGM2008, що у свою чергу вимагає більш глибокого вивчення такої ситуації.

Висновки

Порівняльний аналіз похибок нормальних висот, що виникають при методі GNSS та геометричному нівелюванні свідчить про те, що похибку еліпсоїдної висоти сучасними приймачами можна визначити на рівні точності II класу ($m_{GNSS} \sim 1.3$ см). Похибка модельних значень висот геоїда більш чутлива до точного визначення ($\Delta_{0-1} \sim 5,1-6,4$ см). При визначенні нормальних висот із GNSS-нівелювання дана похибка вимагає підбору своєрідної методики для підвищення їх точності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 / (ГКНТА-2.04-02-98) / Київ – 1999.
- Інструкція по нивелированию I, II, III и IV классов / ГКИНП (ГНТА)-03-010-02. Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила / Москва, 2003. – 252 с.
- Qiong Wu, Jingyu Kang, Shuwen Li, Jianing Zhen and Hongqing Li GNSS Positioning by CORS and EGM2008 in Jilin Province, China / Sensors – Open Access Journal. – Sensors 2015, 15, 30419–30428.
- Natural Resources Canada. Height Reference System Modernization [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nrcan.gc.ca/>
- Ali Fanos, Rusul Tahir, Suad Mohammed and May Mahmood Calculating of adjusted geoid undulation based on EGM08 and mean sea level for different regions in Iraq / MATEC Web of Conferences – Volume 162, 2018.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NORMAL HEIGHTS ERRORS FROM HIGH PRECISION GEOMETRIC AND GNSS-LEVELING METHOD

Fedorchuk A.

Department of Higher geodesy and astronomy of National University Lviv Polytechnic, S. Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: alinafedorchuk743@gmail.com

In classical geodesy, height systems were mostly built by the ground-based method of high-precision geometric leveling. It is now important to take a modern approach, that is, the GNSS leveling method, to accomplish this kind of tasks. In this work, the errors of normal heights, which are defined by two methods – the method of high-precision geometric leveling and the GNSS-leveling method – are considered by means of comparative analysis.

Keywords – GNSS; errors; leveling; heights; geoid.

УДК 528.4

ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ РЕГІОНАЛЬНИХ КАДАСТРІВ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Матішук¹ А.*, Грицюк¹ Т.* Пилип'юк Р.¹

1*. Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 76000, E-mail: matishav12@gmail.com

Дана робота присвячена питанням розробленню технологій використання вже існуючих сьогодні даних регіональних державних кадастрів природних ресурсів в геоінформаційних системах різної тематичної направленості. Зважаючи на недосконалість картографічної основи, а також проблему з інформативним наповненням галузевих кадастрів, що відрізняються структурою даних запропоновано використовувати ряд організаційно-технічних заходів для їх об'єднання та аналізу на базі внутрішніх геоінформаційних систем установ, організацій та зацікавлених осіб.

Ключові слова: регіональні кадастри природних ресурсів, геоінформаційна система, геокодування, системи управління базами даних.

Вступ

Для оперативного задоволення потреб центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій та громадян у наданні відомостей з регіонального кадастру створюється автоматизована система його ведення, яка базується на використанні геоінформаційних технологій. Дані регіональних кадастрів природних ресурсів лежать в основі раціонального використання природних ресурсів, охорони навколишнього природного середовища, на їх базі визначається грошова оцінка природних ресурсів, їх вартість, система заходів по відновленню і оздоровленню навколишнього середовища. Державні кадастри ведуться в порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України. Але на сьогоднішній день єдиного кадастру природних ресурсів в Україні не існує.

Постановка проблеми

Вихідною інформацією галузевих кадастрів є, як правило, текстові таблиці встановлених форм і картографічний матеріал, що містить інформацію про просторове положення об'єктів та їх межі. На даний час існуючі картографічні матеріали виготовлені в різний час, в різних системах координат, на різних носіях не забезпечують просторову прив'язку географічних об'єктів у

встановлених відповідно до державних стандартів, норм та правил, технічних регламентів масштабах, проекціях та єдиній державній системі координат. Наприклад, картографічні матеріали по лісовпорядкуванню, або проекти формування територій населених пунктів минулих років виконані в умовних системах координат без прив'язки до геодезичної основи.

Аналіз кадастрового законодавства України

В Україні законодавством передбачено ведення галузевих державного земельного кадастру, державного водного, державного лісового кадастрів, державного кадастру родовищ і проявів корисних копалин, регіональні кадастри природних ресурсів, тощо.

Згідно [Положення про регіональні кадастри природних ресурсів] регіональні кадастри природних ресурсів не обмежуються даними щодо одного природного ресурсу чи об'єкта, а є систематизованим зведенням відомостей систематизованим зведенням відомостей про кількісні, якісні та інші характеристики усіх природних ресурсів, виявлених на території адміністративних утворень України а також про обсяг, характер і режим їх використання.

Картографічною основою Державного земельного кадастру є карти (плани), що складаються у формі і масштабі відповідно до державних стандартів, норм та правил, технічних регламентів [Закон України про Державний земельний кадастр]. Картографічна основа Державного земельного кадастру є єдиною для формування та ведення містобудівного кадастру та кадастрів інших природних ресурсів.

Мета

Метою даної роботи є розроблення технологій використання вже існуючих сьогодні даних регіональних державних кадастрів природних ресурсів в геоінформаційних системах різної тематичної направленості.

Методика

Геоінформаційні системи мають свої вбудовані системи управління базами даних. Вони дозволяють створити нову або завантажити вже існуючу атрибутивну таблицю, заповнити її (додаючи записи і поля) і, прив'язати її до графічної інформації. Не слід розуміти, що графічні об'єкти існують самі по собі, а атрибутика – сама по собі. Навпаки, їх інтеграція досягає інколи такого рівня, коли географічні параметри графічних об'єктів (довжина, периметр, площа...), що відслідковуються автоматично, фізично зберігаються

як одне з полів атрибутивної таблиці. Дуже часто для створення різних по тематичній направленості підсистем геоінформаційних систем використовують вже створені атрибутивні бази даних різних форматів тими чи іншими галузевими організаціями (земельними, лісовими, містобудівними, тощо). Наприклад, в MapInfo можна використовувати дані в наступних форматах: ASCII (*.txt), dBase (*.dbf), Microsoft Excel (*.xls), Microsoft Access (*.mdb), Lotus 1-2-3... Для об'єднання їх з графічною інформацією та відображення на карті ми повинні присвоїти їм координати X і Y з використанням процедури геокодування.

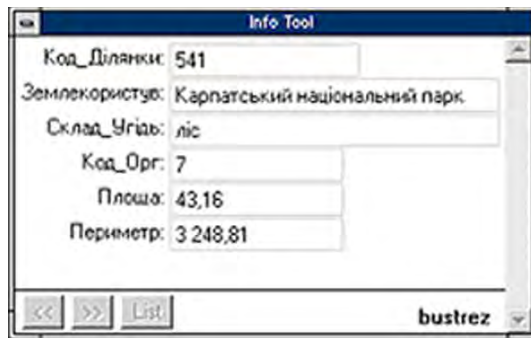


Рис. 1. Запис вихідної таблиці атрибутивної бази даних

На рисунку 1 зображений запис атрибутивної бази даних підсистеми “Земельні ресурси” геоінформаційної системи Карпатського національного природного парку, створеної авторами. Кожен картографічний об'єкт підсистеми має відповідний запис бази даних, окремі поля якої – числові, символічні, логічні, визначають різні атрибути об'єкта: код, землекористувач, склад угідь, площа і т.д.

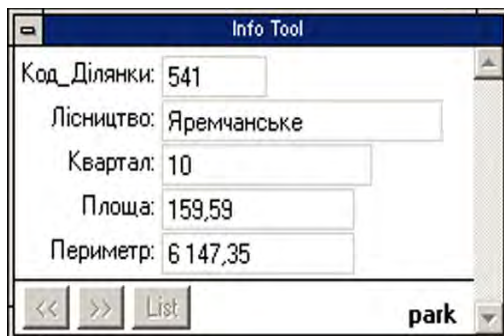


Рис. 2. Запис залежної таблиці атрибутивної бази даних

Необов'язково зберігати всі атрибутивні дані однієї підсистеми в одній таблиці, можна інформацію з різних джерел зберігати в різних таблицях і зв'язувати їх (горизонтально, запис до запису) логічно в одну велику таблицю. Для цього використовують однакове в усіх таблицях, і в той

же час унікальне, поле, в межах окремої таблиці. Для записів атрибутивних таблиць зображених на рис. 1 і рис. 2 унікальним полем є Код_Ділянки.

Оскільки Державний земельний кадастр є основою для ведення кадастрів інших природних ресурсів [Земельний кодекс, ст. 193], то таке унікальне поле на наш погляд повинно бути пов'язане з системою кадастрового зонування Державного земельного кадастру.

Висновки

Отже, за наявною вже сьогодні інформацією регіональних кадастрів природних ресурсів авторами розроблена методика використання даних для їх комплексного аналізу з використанням процедури геокодування в геоінформаційних системах на прикладі ГІС Карпатського національного природного парку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Положення про регіональні кадастри природних ресурсів – Редакція від 24.12.2019.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1781-2001-%D0%BF>
- Закон України про Державний земельний кадастр – Редакція від 16.01.2020.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>
- Земельний кодекс – Редакція від 21.02.2020.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>

ON THE ANALYSIS OF REGIONAL NATURAL RESOURCES

A. Matishchuk^{1*}, T. Grytsyuk^{1*}, Pylypiuk R.¹

1*. Geodesy and Land Management Department, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, str. Carpathian 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76000, E- mail: matishav12@gmail.com

The purpose of this work is to develop technologies for using existing data of regional state cadastres of natural resources in geoinformation systems of different thematic directions. Due to the imperfection of the cartographic basis, as well as the problem with the informative filling of sectoral cadastres, which differ in data structure, it is suggested to use a number of organizational and technical measures for their integration and analysis on the basis of internal geoinformation systems of institutions, organizations and stakeholders.

Keywords: regional inventories of natural resources, geoinformation system, geocoding, Database management systems.

УДК 528.48

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КООРДИНАТ РЕФЕРЕНЦНОЇ СТАНЦІЇ FRKV

Пилип'юк Р.¹, Пилип'юк Р.¹, Грицюк Т.^{1*},
Матішук¹ А.

1*. Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 76000, E-mail: tetyanagrytsuyk35@gmail.com

Робота присвячена аналізу та вивченню змін координат референцної станції з часом і можливості встановлення факторів впливу на ці зміни

Дослідження передбачають застосування методів математичної статистики для встановлення можливого зв'язку між зміною координат і окремими факторами впливу.

Запропонована методика дозволяє оцінити вплив та зв'язок між зміною координат референцної станції і окремими метеопараметрами зовнішнього середовища на станції спостереження, а також часом спостережень.

Ключові слова – варіаційні ряди, регресійний нелінійний аналіз, коефіцієнт кореляції, дисперсія, середня квадратична похибка (стандарт).

Вступ

Сучасна геодезична наука все більше акцентує увагу на вивченні геодинамічних явищ як глобального, так і регіонального масштабів. Розв'язання цих завдань може бути досягнуто шляхом порівняння просторових координат на відповідну епоху спостереження, що уможливить вивчення динамічної фігури Землі на цю ж епоху. За результатами опрацювання спостережень отримують ряди значень просторових координат, які встановлюють її місцезонавання на відповідну епоху. Як правило, ці значення координат відрізняються між собою. За даними досліджень [Б. Гофманн-Веленгоф та інші, 1996] та інших дослідників ці різниці обумовлені впливом різноманітних джерел. Необхідно зазначити, що за сучасними методиками опрацювання спостережень вплив більшості систематичних похибок виключається. Разом з тим, ряд геодинамічних явищ, таких як деформація земної кори, рух тектонічних плит та інші впливи будуть привносити у результати визначених референцних координат станцій GNSS – спостережень відповідні зміни і спотворювати координатні визначення.

Тому розроблення методики статистичного аналізу часових змін координат референцних

станцій є актуальною і буде сприяти розкриттю можливого впливу цих факторів на динамічні характеристики фігури Землі.

Мета

Об'єктом дослідження є референцна станція FRKV супутникової мережі «System Solutions», що розміщена в одному з навчальних корпусів Івано – Франківського національного технічного університету нафти і газу (рис.1).



Рис. 1. Референцна станція FRKV

Предметом дослідження є часовий ряд усереднених тижневих просторових геоцентричних референцних координат X,Y,Z цієї станції тривалістю в 21 тиждень. На основі цього часового ряду встановлено значення змін відповідних координат. Для побудови варіаційного ряду зміни координат, які дозволять провести статистичну оцінку спостережень розраховуємо за формулою Старджеса:

$$h = (X(Y, Z)_{\max} - X(Y, Z)_{\min}) \times (1 + 3.322 \log n) \quad (1)$$

де розміри інтервалів h по кожній із координат. В цій формулі $(X(Y, Z)_{\max}$ і $X(Y, Z)_{\min}$ значення максимальних і мінімальних змін у відповідних різницях координат, а n – їх загальна кількість.

Основні результати

Перевірку гіпотези про нормальний закон зміни відповідних координат проводили користуючись критерієм узгодженості Пірсона χ^2 . За кількістю елементів n в кожному із інтервалів варіаційного ряду визначали ймовірність попадання випадкової величини зміни відповідної координати $x_i(y_i, z_i)$ у відповідний інтервал Δ_i .

На основі розрахованих для кожного інтервалу ймовірностей обчислюємо значення критерія Пірсона χ^2 за формулою:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (2)$$

де m_i – частота попадання елементів дослідження у відповідний інтервал i , а n – загальне число елементів дослідження. Застосовуючи цю мето-

дику, отримали: значення математичного очікування (середнє арифметичне), дисперсію та стандарт для координат X, Y, Z .

За отриманими даними визначаємо число степенів свободи $k = l - r - 1$, де l – кількість інтервалів, r – кількість параметрів оцінки, що для наших досліджень дорівнює 2 і, прийнявши рівень довіри 0,01 отримуємо значення критерію χ^2 відповідно для координати X – 6,6, для координати Y – 9,2 і для координати Z – 11,3. Це означає, що зміни відповідних координат підпорядковуються нормальному закону розподілу.

Для прогнозування можливих часових змін координат використаємо теорію регресійного аналізу. Суть цього способу дослідження полягає в тому, що встановлюється функціональна залежність між результуючим фактором y і фактором спостережень x . В загальному ця залежність записується рівнянням

$$y = f(x) \quad (3)$$

Приймаємо, що ознакою змінної x є зміна часу спостережень t і встановимо функціональний зв'язок між ними, побудувавши графіки залежності.

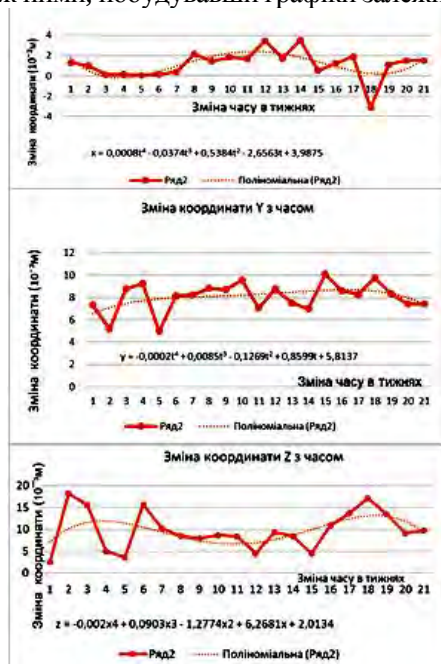


Рис.2 Графіки залежності між зміною координат і часом

Висновки

Шляхом регресійного аналізу змін координат референційної станції FRKV встановлено:

1. зміни просторових геоцентричних координат підпорядковуються нормальному закону розподілу;
2. встановлена функціональна залежність між часовими змінами координат і часом визначення цих координат, яка може

бути апроксимуватися поліноміальними рівняннями четвертого порядку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Гофманн-Велленгоф Б. Глобальна система визначення місцеположення (GPS): теорія і практика: монографія / Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Коллінз.- К.: Наукова думка, 1996.- 378с.
- Математическая статистика: учебник / И.М. Иванова, В.Н. Калинина, Л.А. Нешумова и др. – М.: Высшая школа, 1981. – 371с.
- Савчук С. Дослідження відносних змін положення українських перманентних GPS – станцій з часом/ С. Савчук, Н. Ревуцька // Геодинаміка, 2004. – № 194). – с. 5-12.
- Цюпак І. Параметри зв'язку просторово-часових систем координат та характеристики деформації Землі// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 1997. – с. 47-48.
- Borkowski A., J. Bosy and B/ Kontny “ Preliminary Results of Time Series analyses of EPN stations in Central Europe Region” / Presented of the Vistas for Geodesy in the Now Millennium” IAG 2001 Scientific Assembly, Budapest, Hungary 2-7 September, 2001.

RESEARCH CHANGES IN FRKV REFERENCE STATION COORDINATES

Pylypiuk R.¹, Pylypiuk R.¹, Grytsuk¹ T., Matishchuk¹ A. *

Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, vul. Karpatska 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76008, E-mail: tetyanagrytsuk35@gmail.com

The work is devoted to the analysis and study of changes in the coordinates of the reference station over time and the possibility of establishing the factors influencing these changes.

Studies suggest the use of mathematical statistics methods to establish a possible link between change in coordinates and individual factors of influence.

The proposed method allows to evaluate the influence and relationship between the change of coordinates of the reference station and the individual meteorological parameters of the environment at the observation station, as well as the time of observations.

Keywords – variance series, nonlinear regression analysis, correlation coefficient, variance, root mean square error (standard).

УДК 528.721

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНОГО АЕРОЗНІМАННЯ

Гуніна А., Глотов В.

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка», вул.
С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail:
alla.v.hunina@lpnu.ua

В даний час сучасні технології створення ортофотопланів та топографічних планів базуються саме на застосуванні матеріалів цифрового аерознімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Для підтвердження відповідності БПЛА стосовно вимог проведення топографічного аерознімання, авторами було досліджені та порівняні БПЛА Trimble UX5 HP та Arrow. Із застосуванням вище згаданих БПЛА було проведено аерознімання ділянки площею 1 км² в одному масштабі знімання та проаналізовані отримані матеріали.

Ключові слова – аерознімання; БПЛА; крен; кут зносу; ортофотоплан; тангаж.

Вступ

Можливістю застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в якості нового засобу отримання фотограмметричної інформації є недоліки двох традиційних способів отримання даних (супутники та пілотовані апарати), а саме: можливість знімання з невеликих висот і безпосередньо в районі об'єктів, отримання знімків високої роздільної здатності, застосування в зонах надзвичайних ситуацій без ризику для життя і здоров'я пілотів, рентабельність [Глотов, 2016].

Необхідно зазначити, що технологія аерознімання з БПЛА на сьогоднішній день в основному відпрацьована, однак є ще достатньо проблем, вирішенню яких потрібно приділити увагу [Галецький, 2012; Глотов, 2010, 2014].

Роботою з дослідження можливості великомасштабного аерознімання сільських населених пунктів з метою створення ортофотопланів займаються вже більше ніж вісім років вітчизняні фахівці [Галецький, 2012; Глотов, 2014].

Мета

Зробити порівняльний аналіз та дослідити БПЛА щодо відповідності для топографічних аерознімальних цілей.

Методика

Науковці та виробничники Інституту геодезії НУ "Львівська політехніка" та фірми Abris Design Group послідовно розробляли та досліджували декілька моделей БПЛА, з метою створення досконалого зразка, за допомогою якого можливо проводити аерознімання для топографічних цілей. В результаті раніше проведених експериментальних робіт були визначені технічні вимоги, до створення аерознімальних БПЛА. Саме за цими вимогами було сконструйовано одну з останніх розробок БПЛА Arrow. З метою підтвердження можливості застосування БПЛА в аерознімальних цілях було проведено аерознімання ділянки площею 1 км² із застосуванням БПЛА Trimble UX5 HP та Arrow з висоти 650 м та 520 м відповідно [Hlotov, 2018].

Результати

Зроблено порівняльний аналіз значень кутів зносу, крену та тангажу БПЛА Arrow та Trimble UX5 HP за кожним маршрутом. Для прикладу на Рис. 1–3 представлені графіки за одним маршрутом.

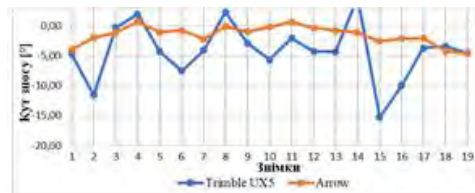


Рис. 1. Графік значень кутів зносу БПЛА Trimble UX5 HP і Arrow

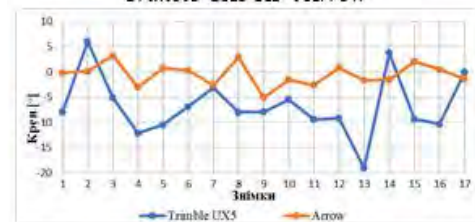


Рис. 2. Графік значень кутів крену БПЛА Trimble UX5 HP і Arrow

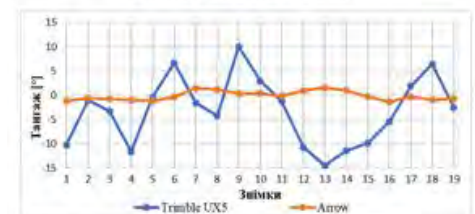


Рис. 3. Графік значень кутів тангажу БПЛА Trimble UX5 HP і Arrow

Графіки значень кутів зносу БПЛА Arrow (Рис. 1) свідчать, що максимальне відхилення від курсу коливається від -5° до +1°, такі

результати пояснюються тим, що кут зносу автоматично компенсувався шляхом розвороту аеропристрою на кут відхилення від курсу. В той час кути зносу БПЛА Trimble UX5 HP коливаються від -15° до $+5^{\circ}$, що виходить за межі допуску.

З графіків значень кутів крену БПЛА Arrow (Рис. 2) видно, що кути коливаються максимально від -5° до $+4^{\circ}$, що обумовлюється стабілізацією конструкції. Кути крену БПЛА Trimble UX-5 коливаються від -19° до $+6^{\circ}$, що свідчить про перевищення допуску.

За графіками значень кутів тангажу БПЛА Arrow (Рис. 3) видно, що кути максимально коливаються від -1° до $+2^{\circ}$, що, як вже згадувалося вище, пояснюється стабілізацією літака. Значення кутів тангажу БПЛА Trimble UX5 HP коливаються від -15° до $+10^{\circ}$, що також перевищує допуск.

Для проведення оцінки точності визначення планових координат точок місцевості, на ділянці дослідження замарковано 93 контрольних точки. Координати контрольних точок визначалися при проведенні ПВП GPS – приймачами Trimble R7 у режимі RTK. Після створення ортофотопланів, у програмному пакеті Digitals з цих матеріалів зняті координати вищезначених контрольних точок і визначені СКП.

СКП планових координат склали: $m_x=0,09$ м, $m_y=0,12$ м, $m_z=0,27$ м для БПЛА Arrow та $m_x=0,12$ м, $m_y=0,21$ м, $m_z=0,28$ м для Trimble UX5 HP, що підтверджує можливість створення ортофотопланів в масштабі 1:2000.

Висновки

1. Зроблено аерознімання тестової ділянки з БПЛА Arrow та Trimble UX5 HP з метою порівняння отриманих матеріалів.
2. Проведено порівняльний аналіз значень кутових елементів зовнішнього орієнтування знімків, отриманих при проведенні аерознімання з БПЛА Arrow та Trimble UX5 HP.
3. Розраховано апостеріорну оцінку точності матеріалів, отриманих в результаті аерознімання з БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Hlotov V., Hunina A., Kolesnichenko V., Prokhorchuk O., Yurkiv M. (2018) Development and Investigation of UAV for Aerial Surveying *ISTCGCAP*, № 87, с. 48-57. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2018.01.048>.
- Галецький В., Глотов В., Колісніченко В., Прохорчук О., Церклевич А. (2012) Другий

етап експериментальних робіт з аерознімання сільських населених пунктів БПЛА. *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: зб. наук. матер. XVII Міжн. наук.-техн. симпозиуму.* – Львів. – С.274-277.

Глотов В., Церклевич А., Збруцький О., Колісніченко В., Прохорчук О., Карнаушенко Р., Галецький В. (2014) Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск І(27)* – с.131-136.

Глотов В., Гуніна А. (2016) Порівняльний аналіз сучасних методів опрацювання великомасштабних планів. *Міжвідомчий науково-технічний збірник “Геодезія, картографія і аерофотознімання”, Вип. 83* – с.53-63.

Глотов В., Колісніченко В. (2010) Результати експериментально-випробувальних робіт, *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS-технології: зб. наук. матер. XIV Міжн. наук.-техн. симпозиуму.* – Львів. – С.164-169.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF UAVS FOR TOPOGRAPHIC AERIAL SURVEYING

Hunina A., Hlotov V.

Department of photogrammetry and geoinformatic, Lviv Polytechnic National University, S. Bandera street 12, Lviv, Ukraine, 79013, E-mail: alla.v.hunina@lpnu.ua

Currently, modern technologies for creating orthophotos and topographic plans are based precisely on the use of digital aerial photography from unmanned aerial vehicles (UAVs). To confirm UAV compliance with topographic aerial survey requirements, the authors investigated and compared UAV Trimble UX5 HP and Arrow UAVs. Using the aforementioned UAVs, aerial survey of the area of 1 km² was carried out on a single scale and the obtained materials were analyzed.

Keywords – aerial surveying; UAV; roll; yaw; orthophotomap; pitch.

УДК 332.5:(528.48:004.4)

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ

Колодій П.

Кафедра геодезії і геоінформатики, Львівський національний аграрний університет», вул. В. Великого 1, Дубляни Жовківський район, Львівська область, Україна, 80381, E-mail: pavlokolodiy@gmail.com

Швидкий розвиток сучасної системи управління земельними ресурсами вимагає вдосконалення збору і опрацювання просторових даних. Адже перед нею щоденно повстають нові і більш складні завдання у забезпеченні раціонального використання земель.

Сьогодні все більш вагомими є дані які можна порівнювати та аналізувати в часі, що до снаги якісному геоінформаційному забезпеченню, і яке б мало бути у системі управління земельними ресурсами..

Ключові слова: – система управління земельними ресурсами; геоінформаційне програмне забезпечення; земельнопорядні дані.

Вступ

Система управління земельними ресурсами є складною та багаторівневою завданням якої є забезпечення продуманого тобто раціонального використання та збереження земельних ресурсів країни. Зокрема в час коли дуже багато залежить від швидкого обміну достовірною просторовою інформацією зростає роль геоінформаційного забезпечення управління земельними ресурсами.

Адже управлінські рішення мають спиратися на достовірний інформаційний ресурс. Формування в одне ціле такої інформації є чи не найважливішим завданням функціонування геоінформаційної системи для управління земельними ресурсами.

Сьогодні основні функції у сфері управління землересурсами України покладені на Держгеокадастр, який має розгалужену мережу територіальних органів, які частково в межах своєї компетенції формують інформаційне поле щодо використання земель та стану земельних відносин на місцях. Саме завдяки надходженню інформації з мережі місцевих органів управління дозволяє оновлювати дані і генерувати на їх основі управлінські рішення.

Постановка проблеми

Важливим елементом геоінформаційної системи у сфері управління земельними ресурсами є картографічне відображення системи використання земель. Адже цифри дають можливість проведення аналізу наслідків використання земель, проте місце

розташування об'єкту, масштаби наслідків та потенційні загрози лише з цифр визначити важко а отже і приймати адекватні управлінські рішення також важко.

Мета дослідження

Проаналізувати стан сучасного геоінформаційного забезпечення системи управління земельними ресурсами та розкрити напрями формування геоінформаційного поля для системи управління земельними ресурсами.

Результати

В системі управління земельними ресурсами існує декілька геоінформаційних продуктів які полегшують процес управління серед яких система реєстрації земель, яка виражається у Публічній кадастровій карті України, Державна геодезична мережа України (ДГМУ) та Інтернет-ресурс GIS DATA.

Щоби оцінити інформативність джерел для потреб управління землересурсами пропонуємо оцінити через призму визначення завдань системи управління земельними ресурсами, які широко описані у працях вітчизняних науковців А.М. Третьяка, А.Я. Сохничка [1, 2], та інших. Зокрема мова йде що управління земельними ресурсами виконувати його основні функції серед яких коротко можна сформулювати як створення умов рівноправного розвитку всіх форм власності на землю і господарювання; забезпечення дотримання земельного законодавства, забезпечення раціонального використання земель та охорони земельних ресурсів.

Як бачимо такий підхід вимагає формування комплексного картографічного забезпечення в єдиному інформаційному просторі і в ідеалі в одному програмному забезпеченні.

Провівши дослідження можливостей вище названих ресурсів ми маємо можливість коротко охарактеризувати їх корисність у прийнятті управлінських рішень.

Публічна кадастрова карта України (ПККУ) є доступною з початку 2013 року реєструючись на офіційному сайті Держгеокадастру висвітлюючи важливі облікові дані про зареєстровані землі. З кінця 2019 року до нової версії ПККУ [3] додано нові сервіси (шари) ліси; природно-заповідний фонд; умовна прибережна захисна смуга; незареєстровані території; незареєстровані території; класифікація посівів 2019(Озимі); класифікація посівів 2019 (Ярові); посіви на незареєстрованих землях у 2019р.; «Смарагдова мережа»; державний нагляд за землями; родовища корисних копалин; нафтогазові свердловини. Ця інформація має допомогти працівникам апарату управління земельними ресурсами в управлінському процесі щодо організації використання земель та охорони земельних ресурсів. Вся інфор-

мація спроектована на ортофотоплани масштабу 1 : 10000

Ресурс ПККУ, який був розроблений як інструмент візуалізації процесів приватизації земель значно підвищує інформативність земельного кадастру. А саме сьогодні легко здійснити пошук земельної ділянки за кадастровим номером крім того шар «державний нагляд за землями» надає інформацію, щодо зафіксованого певного виду порушення земельного законодавства, що підвищить функції контролю за усуненням порушень. Проте щодо інших шарів є зауваження, які вимагають вирішення. Зокрема шар «Грунти», надто узагальнені і не можуть бути фактором щодо впливу на управлінські рішення без додаткових обстежень. Шар «умовна прибережна захисна смуга» у багатьох випадках є некоректним і не підвищує інформативність а вносить додаткові перешкоди у перегляд планового матеріалу. Шар «природно-заповідний фонд» окреслює загальні ареали територій в які включені повністю території сільських рад, що також для прийняття управлінських рішень вимагатиме уточнення меж таких територій. ПККУ є статичним ресурсом щодо процесів використання землі, зокрема у багатьох випадках неможливо прослідкувати хто користується земельними ділянками, яка динаміка щодо якісного стану цих земельних угідь, яка система може бути оптимальною для використання цих земель.

Геоінформаційний ресурс ДГМУ [4] позиціонується як банк геодезичних даних державної геодезичної мережі та геодезичних мереж згущення, а також є можливість перегляду картографічного забезпечення із топографією місцевості із масштабом 1:50000 та інші додаткові спеціалізовані сервіси у сфері геодезії. Однак ця інформація у системі управління земельними ресурсами є основою для організації рестрації земель та організації проведення функції контролю щодо порушення меж землеволодінь і землекористувань.

Інтернет-ресурс GIS DATA [5], який є порталом каталогізованих джерел геоданих, зі позиціонування розробників може бути їх застосований для управління громадами чи регіонами спираючись на багат шарові електронні карти. Проте більшість представленої інформації є має узагальнений характер і не дає можливості розробляти деталізовані управлінські рішення.

Тобто і поданого вище приходимо до висновку, що дані які на сьогодні доступні для сучасного управління не забезпечують цілісного сприйняття системи використання земель, причин негативних наслідків та можливостей розробляти комплексні рішення. Також у будь-якому ресурсі відсутня історія проектної документації на територію та інформація, яка була в цих проектах, що допомагає приймати обґрунто-

вані управлінські рішення, щодо організації використання земель і не лише сільськогосподарського призначення.

Висновки

Проаналізувавши можливість надходження електронної інформації щодо використання земельних ресурсів можемо стверджувати, що є значний спектр надходження даних з різних джерел. Проте не всі ці джерела інформації є корисними для управлінців зокрема щодо управління земельними ресурсами на районному та місцевому рівнях. Адже інформація зведена до рівня держава, область, та конкретна ділянка і відсутня ланка району та місцевої ради.

В сучасних умовах є нагальним створення консолідованого геоінформаційного середовища землевпорядної інформації в системі управління земельними ресурсами як важливої складової для забезпечення раціонального використання та охорони земельних ресурсів України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Сохнич А.Я. Геоінформаційні системи в управлінні земельними ресурсами / Сохнич А.Я., Худякова О.А., Сохнич О.Я./ Наковий вісник НЛТУ України .- 2010. Вип. 20.5 С.291-295
- Управління земельними ресурсами. За редакцією професора А. М. Третяка. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2006 – 360 с.
- Держгеокадастр / Публічна кадастрова карт [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://newmap.land.gov.ua>
- Державної геодезична мережа України [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://dgm.gki.com.ua>.
- GIS DATA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cid.center/gisdata/>

STATE AND PROSPECTS OF GEOINFORMATIONAL SOFTWARE OF SYSTEM OF LAND MANAGEMENT

Kolodiy P.

Department of Geodesy and Geoinformatics, Lviv National Agrarian University, E-mail: pavlokolodiy@gmail.com

Rapid development of the land management system requires improvement of collecting and processing of spatial data because it faces new and more difficult tasks of ensuring rational land usage.

These days it became more important to receive data, that shows result of implementing of management decisions and control after their executions. Receiving these kind of data is possible only with using quality, modern geoinformational software that is not owned by of land management system today.

Key words: – land management system; geoinformational software; land survey data.

УДК 528.18

ДОСЛІДЖЕННЯ БПЛА CETUS ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО АЕРОЗНІМАННЯ

Глотов¹ В., Гуніна¹ А. *, Колб¹ І.,
Колесніченко² В., Тревого³ І.

1*. Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013,
E-mail: alla.v.hunina@lpnu.ua.

2. Фірма «Abris Design Group», вул. Маршала Рибалка 10/8,
Київ, Україна, 04116

3. Кафедра геодезії, Національний університет «Львівська
політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013

Метою даної роботи є дослідження безпілотного літального апарату (БПЛА) Cetus літакового типу для виконання топографічного аерознімання. Новаторська конструкція БПЛА при аерозніманні забезпечує мінімальну крейсерську швидкість, мінімальні значення кутів нахилу аерознімків, витримування повздовжнього та поперечного перекриттів знімків в заданому діапазоні, максимальну дальність польоту. Камера автоматично підорієнтується в аеропристрої для зменшення кута зносу. Дослідження проводилися на спеціалізованому полігоні, де для 200 контурних точок з високою точністю визначені координати. Аналіз результатів фотограмметричного оброблення блоку з 460 аерознімків показує, що запропонований БПЛА є стабільним в польоті, надає можливість виконувати топографічне аерознімання територій та створювати ротофотоплани масштабного ряду: 1:1000–1:5000.

Ключові слова – безпілотний літальний апарат (БПЛА); крен; тангаж; кут зносу; фото триангуляція; оцінка точності.

Вступ

Змістом даного дослідження є визначення придатності безпілотного літального апарату (БПЛА) Cetus отримувати аероматеріали для створення великомасштабних топографічних планів та спеціальних планів. Гіпотеза полягала у можливості створити такий БПЛА, який би відповідав високим вимогам до аерознімального пілотованого літака, а сутність головної ідеї – у тому, щоб зконструювати та втілити ці вимоги в реальність. Новизна в тому що БПЛА такого типу вдалось реалізувати, оскільки дослідження на предмет відповідності та придатності його для топографічного аерознімання підтвердили цю ідею.

Аналіз результатів останніх досліджень дозволяє стверджувати, що застосування БПЛА має великі перспективи при зніманні невеликих за площею об'єктів і при зніманні лінійних об'єктів. Застосування БПЛА дає змогу знімати важко-

доступні території та з високою точністю визначати просторові координати точок місцевості. Значна частина сучасних технологій створення ортофотопланів та топографічних планів базуються саме на застосуванні матеріалів цифрового аерознімання з БПЛА. Підтверджує цей висновок зроблений нами огляд літературних джерел. Особливістю застосування БПЛА в якості засобу отримання фотограмметричної інформації є можливість знімання з невеликих висот і безпосередньо в районі об'єктів, отримання знімків високої роздільної здатності, застосування в зонах надзвичайних ситуацій без ризику для життя і здоров'я пілотів, висока рентабельність (Глотов, 2016).

Необхідно зазначити, що технологія аерознімання з БПЛА на сьогоднішній день в основному відпрацьована, однак є ще достатньо проблем, вирішенню яких потрібно приділити увагу (Галецький, 2012а, 2012б; Глотов, 2010, 2013, 2014). Однією з проблем застосування БПЛА для високоточного картографування є неможливість встановлення на таких апаратах точної системи стабілізації і визначення кутових елементів зовнішнього орієнтування знімків (INS). В той же час питання стосовно визначення лінійних елементів фактично розв'язане, оскільки вже декілька років поспіль на БПЛА застосовуються двох частотні GPS приймачі і точність визначення координат центрів проєкцій знімків вже не перевищує декількох сантиметрів. З іншого боку виконується прецизійне калібрування камер, що забезпечує відповідну точність визначення елементів внутрішнього орієнтування (Глотов, 2017, 2018). Акцентуємо увагу на тому, що існує нагальна проблема дослідження власне кутових значень елементів зовнішнього орієнтування.

За результати аналізу літературних джерел ми робимо висновок про необхідність розробити БПЛА літакового типу, який би відповідав класичним вимогам аерознімання, а саме:

а) забезпечення максимальної стабільності польоту за допомогою відповідного гіростабілізуючого обладнання;

б) наявність на борту геодезичного GPS-приймача, яким у кінематичному режимі з точністю 10–20 см визначатимуться лінійні елементи зовнішнього орієнтування знімків;

в) встановлення навігаційного обладнання, за допомогою якого реалізується ручне, напів-автоматичне та автоматичне керування апаратом;

г) наявність аеропристрою, за допомогою якого визначатимуться кутові елементи зовнішнього орієнтування з точністю до декількох секунд та забезпечення визначення у польоті кута зносу і його автоматична корекція;

д) безпечність стосовно експлуатації самого БПЛА та його бортового обладнання (парашутна система, радіомаяк);

е) наявність цифрової камери з розрізняювальною здатністю не менше за 40МП;

ж) можливість забезпечити політ БПЛА тривалістю не менше однієї години;

з) можливість транспортування БПЛА без наявності спеціальних засобів;

к) бажаним є обмеження злітно-посадкової смуги (реалізація режиму “зліт з руки” і глісади в «точку»).

Методика

Згідно вище приведених вимог був розроблений БПЛА Cetus. Його корпус виконаний із склопластику і вуглепластику, стійкого до зовнішніх впливів, а для зменшення ударних навантажень при посадці в конструкції застосовані гумові демпфери. В літаку забезпечено автоматичне компенсування кутів нахилу та зносу з допомогою гіростабілізованого підвісу.

Створення проекту аерознімання та керування БПЛА відбувається за допомогою комп'ютера з встановленим відповідним ПЗ. Завдяки встановленому GNSS L1/L2 PPK на борту отримання високоточного ортофотоплану та цифрової моделі рельєфу можливе без додаткових польових робіт. Також можливе одночасне використання RGB та мультиспектральних камер. Технічні характеристики БПЛА Cetus представлені в Табл.1 [Глотов, 2019].

Таблиця 1

Технічні характеристики БПЛА Cetus

Загальна вага	9 кг
Максимальний час польоту	3 год.
Відстань польоту	180 км
Стійкість до погодних умов	12 м/с
Роздільна здатність	від 1 см
Тип глісади	Парашутний, з системою захисту корисного навантаження подушкою безпеки
ЦЗК	Sony A7RM2 (42 МП)
Тепловий давач	FLIR VUE PRO / FLIR DUO PRO
GNSS	• L1 / L2 PPK GNSS

Запуск БПЛА можливий як з руки так і з катапультуючого пристрою моделі «Lucky Launch», який працює у різних погодних умовах та широкому діапазоні температур.

Для планування аерознімання застосовують програмне забезпечення Flight Planner, яке надає змогу легко створювати місії для повністю автоматизованих польотів від зльоту до посадки. Програмне забезпечення обчислює швидкість і напрямок вітру в районі польоту та особливості місцевості в режимі реального часу, щоб розрахувати найоптимальніший політ і з максимальною точністю спланувати повітряне картографування.

Для координатного забезпечення процесу аерофотознімання на борту БПЛА Cetus встановлено GNSS прилад EPSKit-7 з антеною типу Helix. Цей прилад являє собою вбудовану багаточастотну та багатосистемну плату GNSS приймача NovAtel OEM7600 (555 каналів прийому сигналів від супутників глобальних систем позиціонування). EPSKit разом з антеною має над малі вагу та габарити. Він забезпечує безперервну реєстрацію поточних первинних вимірів за сигналами GNSS (кодових та фазових псевдовідстаней) з темпом 20 Гц та фіксацію так званих EVENT-маркерів або маркерів подій від однієї або декількох цифрових камер. Координати фіксуються в автономному режимі роботи приладу та мають похибку до 1.2м (СКП). В результаті польоту прилад формує єдиний файл бінарного формату.

Результати

Для апробації БПЛА Cetus було проведено аерознімання с.Східниця у гірській частині Львівської області. Перепад висот на ділянці – 120м. Висота знімання 520 м. Площа знімання складає 13.1км². В результаті отримано 460 знімків з 11 маршрутів. Розрізнення аерознімків на місцевості (gsd) складає 7см/піксел.

Для визначення ефективності роботи аеропристрою зроблено порівняльний аналіз значень кутів зносу, крену та тангажу БПЛА Cetus за кожним маршрутом. Для прикладу на Рис. 1–3 представлені графіки за одним з маршрутів.

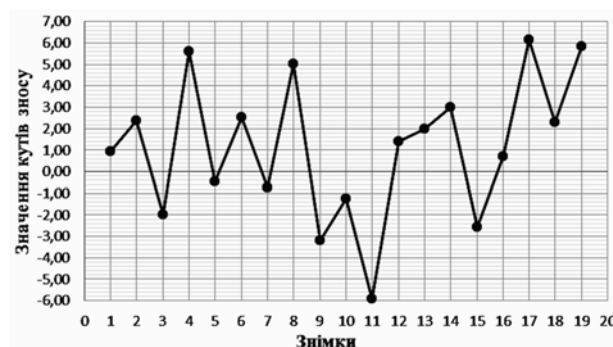


Рис 1. Значення кутів зносу БПЛА Cetus

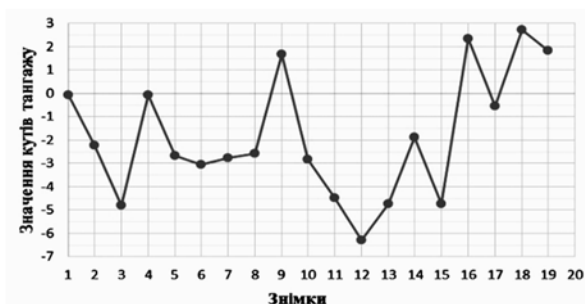


Рис. 2. Значення кутів тангажу БПЛА Cetus

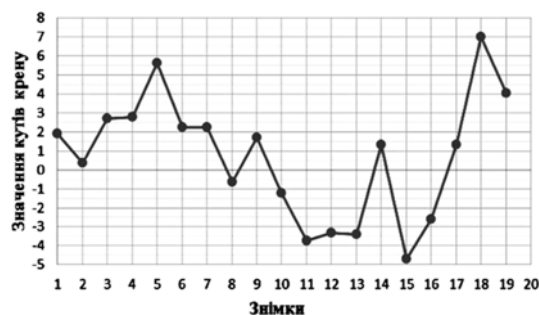


Рис. 3. Значення кутів крену БПЛА Cetus

Аналізуючи графіки, побудовані за кутами крену, тангажу та кута зносу необхідно відзначити, що в середньому вони не перевищують допусків стосовно планового аерознімання, а відтак точність визначення просторових координат точок об'єктів місцевості значно поліпшиться, що і підтвердилося внаслідок обробки матеріалів аерознімання, яка представлена далі. Для вивчення можливості фотограмметричного оброблення нами створено мережу аеротріангуляції. Опорна та контрольна наземна мережа точок створювалась методом GPS знімання природних та штучних контурів місцевості у відповідності з рекомендаціями, що їх встановлено для цього виду геодезичних робіт. Кількість, просторове розміщення та точність визначення координат опорних і контрольних точок відповідає рекомендаціям (ASPRS, 2014). Всього використано 14 опорних точок (12 планово-висотних та 2 планові точки) та 23 контрольні точки, розміщені рівномірно на території знімання. Просторові координати точок визначались з точністю:

$$RMSE_x = RMSE_y = 0.02m \text{ and } RMSE_z = 0.03m. \quad (1)$$

Ці показники точності відповідають вимогам, що висуваються до цього типу даних при створенні топографічних планів та ортофотопланів масштабів 1:1000 та 1:2000. Для цих масштабів приймемо:

$$\begin{aligned} RMSE_{x(MAP)} &= RMSE_{y(MAP)} = 0.2m. \\ RMSE_{z(MAP)} &= 0.33m. \end{aligned} \quad (2)$$

Нами враховувались відомі співвідношення середніх квадратних помилок визначення координат точок плану і середніх квадратних помилок визначення координат точок опорних мереж (ASPRS, 2014):

$$RMSE_x \text{ or } RMSE_y = \frac{1}{4} RMSE_{xy(MAP)} \quad (3)$$

$$RMSE_z = \frac{1}{2} RMSE_{xy(MAP)} \quad (4)$$

Для створення мережі фототріангуляції та ортофотоплану ми використовували програмне забезпечення Pix4D. Результати оцінки точності фотограмметричної мережі приведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати оцінки точності мережі аеротріангуляції (м)

	RMSE _x	RMSE _y	RMSE _z
За опорними точками	0,056	0,048	0,042
За контрольними точками	0,121	0,081	0,315

Приведені параметри вказують на можливість використання даних аерознімання для створення топографічних планів та ортофотопланів масштабу 1:1000 та 1:2000.

Висновки

1. Визначено вимоги до конструювання аерознімальних систем.
2. Проведено аналіз значень кутових елементів зовнішнього орієнтування знімків, отриманих в результаті аерознімання з БПЛА Cetus.
3. Доведено, що застосування БПЛА Cetus дозволяє створювати ортофотоплани у масштабах 1:1000 – 1:5000 з відповідною точністю визначення планових координат.
4. В подальшому планується дослідити опрацювання ортофотопланів, топографічних планів та створення 3D моделей об'єктів місцевості за матеріалами отриманими з БПЛА Cetus при різних масштабах знімання, конфігурації розташування опорної мережі та значень навігаційних параметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Галецький, В., Готов, В., Колесніченко, В., Прохорчук, О., Церклевич, А. (2012а). Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*, 76, 85–93.

- Галецький, В., Глотов, В., Колесніченко, В., Прохорчук, О., Церклевич, А. (2012b). Другий етап експериментальних робіт з аерознімання сільських населених пунктів БПЛА. *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: зб. наук. матер. XVII Міжн. наук.-техн. Симпозіуму*, 274–277.
- Глотов, В., Церклевич, А., Збруцький, О., Колесніченко В., Прохорчук, О., Карнаушенко, Р., Галецький, В. (2014). Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 1(27), 131–136.
- Костюк, А. (2011). Особенности аэрофотосъемки со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов. *Омский научный вестник*, 1(104), 236–240.
- Левицький, В. (2008). Удосконалення методики аналітичної обробки знімків, отриманих неметричними цифровими камерами при виконанні фотограмметричної зйомки. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки*, 1(44), 154–164.
- Шевеня, М. (2013). Аэрофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). *Геодезия и картография*, 1, ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (Edition 1, Version 1.0. – November, 2014).
- Catur, A. R. (2015). The potential of UAV-based remote sensing for supporting precision agriculture in Indonesia, The 1st International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 245–253.
- Fernández-Hernandez, J., González-Aguilera, D., Rodríguez-González, P., Mancera-Taboada, J. (2015). Image-based modelling from unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry: an effective, low-cost tool for archaeological applications, University of Oxford. *Archaeometry*, 57, 128–145. <http://www.balt-agp.ru/services/aerofoto.htm>

RESEARCH OF UAV CETUS FOR TOPOGRAPHIC SURVEYING

Hlotov¹ V., Hunina¹ A. *, Kolb I.¹, Kolesnichenko² V., Trevoho³ I.

1*. Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, vul. Bandera 12, Lviv, Ukraine, 79013, Email: alla.v.hunina@lpnu.ua.

2. Firm «Abris Design Group», ul. Marshal Rybalko 10/8, Kyiv, Ukraine, 04116

3. Department of Geodesy, Lviv Polytechnic National University, vul. Bandera 12, Lviv, Ukraine, 79013

The aim is to study a Cetus flying unmanned aerial vehicle (UAV) for topographic aerological research. Innovative UAV design with aerosol presentation with minimum cruising speed, dominant impurity of angles at aerosol aerodromes, alignment of constantly increasing and transverse overlap of participants in a given range, maximum compliance, respectively. The camera works is orientated in the aerial devices to reduce the angle of production. The studies were conducted at a specialized landfill, where for 200 contour points with the height of the exact properties of the coordinates. Analysis of the results of photogrammetric processing of the 460 aerial image block shows that the proposed UAV is stable in flight, enables topographic aerial survey of the territories and creates orthophotos of a scale of 1: 1000-1: 5000.

Keywords – unmanned aerial vehicle (UAV); roll; pitch; yaw angle; photo triangulation; evaluation of accuracy.

УДК 528.18

ВДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ РЕЗЕРВУАРІВ

Ковтун^{1*} В.

1*. Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 76000,
E-mail: rjdneuy@gmail.com

Метою роботи є вдосконалення існуючих способів визначення геометричних параметрів вертикальних сталевих резервуарів шляхом виконання їх експертного обстеження, а саме його геодезичної складової через побудову їх 3D поверхні, використовуючи бікубічну сплайн інтерполяцію.

Ключові слова – бікубічна сплайн інтерполяція, бікубічний сплайн, резервуар вертикальний сталевий, геометричні параметри, експертне обстеження, технічний огляд, деформації інженерних споруд.

Вступ

Проблема надійності і працездатності обладнання і споруд об'єктів магістральних нафто і нафтопродуктопроводів дуже важлива в галузі транспорту і зберігання нафти і нафтопродуктів. Велику роль в системі нафто постачання відіграють нафтобази і склади пального. Резервуари відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки [РД 39-0147103-385-87, 2007], [Сафарян, 1961], [ВБН В.2.2-58.2- 94, 1994], [ДБН В.1.3-2:2010, 2010], [Szostak-Chrzanowski. 2003], оскільки вони працюють у складному напруженому стані. Під дією різних факторів, а саме тиску речовини, яка зберігається, температури, вітру, снігового навантаження, осідання фундаменту та багато інших, основні параметри резервуарів можуть змінюватися. Більшість існуючих резервуарів були складовими частинами нафтотранспортної системи Радянського Союзу, тобто були здані в експлуатацію та діють на протязі вже більше 30-40 років, що значно перевищує проектний ресурс. Тому для продовження терміну експлуатації необхідно проводити систематичні спостереження за їхнім технічним станом, задля уникнення аварійних ситуацій, що в розрізі небезпечності такого типу об'єктів можуть мати важкі наслідки. До сучасних методів спостереження за технічним станом резервуарів відносять метод, метою якого є визначення їх геометричних параметрів та місткості за результатами вимірювань його просторових координат. Розв'язок проблеми визначення геометричних

параметрів резервуара полягає у вирішенні завдання, щодо встановлення рівня зв'язку між вимірними величинами у системі координат вимірювального приладу та розрахунковими геометричними параметрами з необхідною точністю.

Виклад основного матеріалу

Резервуари, що знаходяться в експлуатації, підлягають технічному діагностуванню (експертному обстеженню) як об'єкти підвищеної небезпеки [ДСТУ–Н Б А.3.1–10:2008, 2009]. Згідно з [СОУ 60.3-31570412-027:2007, 2007] експертне обстеження (технічне діагностування) включає в себе окрім дефектоскопії також інструментальні геодезичні обміри такі як нівелювання днища та кришки даху резервуару, визначення відхилення від вертикалі стінок резервуару.

З часу побудови першого РВС пройшло достатньо багато часу, з плином якого вони вдосконалювались і збільшували свої об'єми зберігання нафтопродуктів. З розвитком технологій, також розвивались методи спостереження за РВС від перших які проводились механічними приладами (що в свою чергу зараз є застарілими і часозатратними), до сучасних які проводяться електронними приладами [Тарасенко, 2009], [Тревого, 2013] [Асташенков, 1986] [Большаков, 1968].

В роботах [Самойленко, 2011], [Самойленко, 2007] були досліджені сучасні методики геодезичних спостережень за геометричними параметрами РВС, що базуються на використанні TPS та 3D лазерному скануванні. Ці методи дозволяють одержати більш об'єктивну і точну інформацію про геометрію споруди. З метою максимального використання цієї інформації, автоматизації процесів опрацювання її, нами виконані дослідження з використанням БСІ для створення 3D поверхні РВС.

Використання електронних приладів таких як електронні тахеометри чи нівеліри, наземні лазерні сканери [Комиссаров, 2006], [Середович, 2006], суттєво зменшує затрати часу та підвищує на порядок точність вимірів. Одним з недоліків, на нашу думку, є не повне використання наявної інформації, а саме вибіркового контролю, значення діаметральних відхилень від вертикальності стінки резервуару визначають лише в точках спостереження, а також висоти днища резервуару визначаються лише на чотирьох діагоналях як вимагає діюча інструкція [ДСТУ–Н Б А.3.1–10:2008, 2009], не може дати повну картину технічного стану.

Для визначення геометричних параметрів РВС в будь-якій точці поверхні резервуару нами пропонується створити 3D модель, що базується на використанні бікубічної сплайн інтерполяції, як такої, що задовольняє вимогам точності [Ковтун, 2014].

Керуючись нормативними вимогами [СОУ 60.3-31570412-027:2007, 2007], [ДСТУ–Н Б А.3.1–10:2008, 2009] резервуари повинні проходити повне обстеження не рідше ніж через 10 років при терміні експлуатації резервуара до 20 років і через кожні 8 років при експлуатації понад 20 років. Тому в грудні 2014 року був виведений із експлуатації наземний вертикальний циліндричний сталевий зварний резервуар номінальною місткістю 75 000 м³ з плаваючим дахом та подвійною стінкою підприємства ЛВДС «Броди» для проведення повного планового обстеження.

Була використана методика визначення відхилень стінок резервуару від вертикалі, яка базувалася на проведенні координатних вимірів кожного шва. В залежності від ситуації навколо резервуара, вибирали схему геодезичної мережі у вигляді замкнутого трикутника, чотирикутника, шести або навіть восьмикутника (рис. 2а). Найкоротша віддаль від точок геодезичної мережі до твірної резервуару знаходилась в межах від однієї до чотирьох висот резервуара. Рекомендуються, щоб сторони геодезичної мережі були приблизно однакової довжини, а віддалі від точок геодезичної мережі до стінки резервуару були приблизно рівні. Беручи до уваги [Тарасенко, 2009], [Тревого, 2013] з однієї станції проводилися виміри лише 4-ох швів електронним тахеометром безвідбитковим способом (рис. 2б) для того, щоб уникнути ймовірності ковзання променю чи втрати точності через його розсіювання. Таким чином було отримано координати стінки резервуару вздовж вертикалі, проведеної з нижньої точки першого поясу [СОУ 60.3-31570412-027:2007, 2007] на рівні кожного поясу резервуару.

В силу відсутності планових координат реперів поблизу резервуару виміри проводилися в одній умовній системі координат шляхом прокладання замкнутого тахеометричного ходу. За допомогою визначених координат станцій цього ходу були розраховані лінійно-кутові значення ходу, що дало змогу нам урівняти його. За результатами зрівнювання, прокладений нами хід було виміряно з відносною точністю 1/78288.

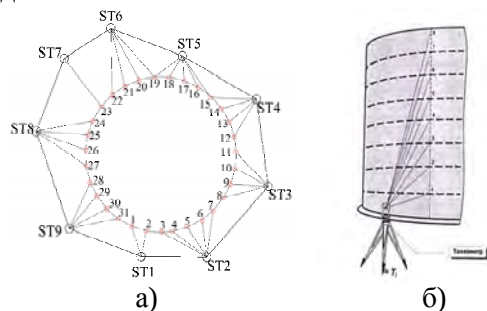


Рис. 1 а) тахеометричний хід прокладений навколо резервуару, б) приклад вимірювання координат кожного шва

На основі інструментальних спостережень було отримано 278 точок з відповідними координатами X, Y, Z в умовній системі координат. Побудова 3D поверхні резервуару виконувалася способом побудови інтерполяційної бікубічної поверхні Ерміта [Шикин, 1997], [Довгий, 2016].

Розрахувавши значення часткових похідних за даними, одержаних з геодезичного контролю сталевого вертикального резервуару РВДС «Броди» з використанням розробленого алгоритму був отриманий бікубічний сплайн, що описує поверхню РВС.

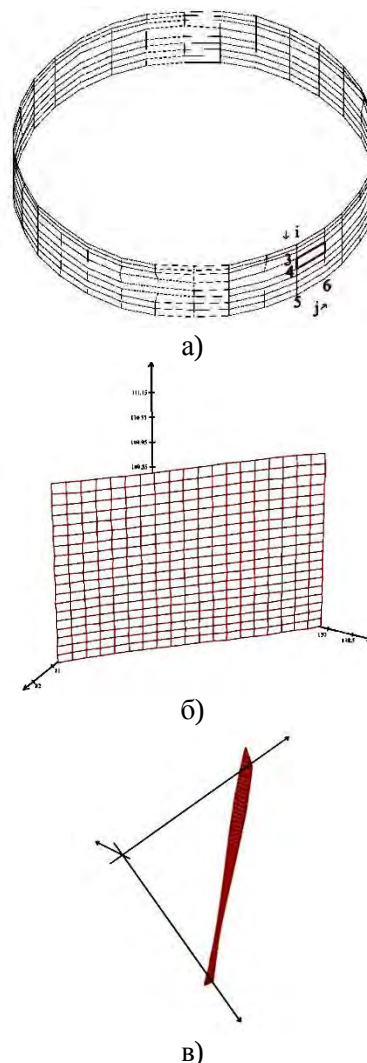


Рис. 2 а) 3D візуалізація поверхні РВС 75 000 м³ ЛВДС «Броди»; б) фрагмент інтерполяційної бікубічної поверхні Ерміта для ділянки $i=3$ $j=5$; в) вид зверху

На рисунку 2в чітко видно наявність кручення та згину ділянки. Саме використання повного бікубічного сплайну для побудови поверхонь забезпечує присутність цих характеристик. Інформативність отриманих результатів у вигляді зображень дозволяє використовувати їх для детального аналізу технічного стану резервуару.

Висновки

Використовуючи розроблений алгоритм опрацювання даних інструментальних геодезичних спостережень була побудована поверхня РВДС “Броди” та розраховані геометричні параметри резервуару в будь-якій точці його поверхні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Астащенко Г. Г. Геодезические работы при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования. Москва: Недра, 1986. 150 с.
- Большаков В. Б. Высокоточные геодезические измерения для строительства и монтажа большого серпуховского ускорителя. Москва: Недра, 1968. 304 с.
- ВБН В.2.2-58.2- 94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. [Чинний від 1994-10-01]. Київ: Держкомнафтогаз України, 1994. 98 с.
- ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. [Чинний від 2010-01-09]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 70 с.
- ДСТУ–Н Б А.3.1–10:2008. Настанова з проведення технічного діагностування вертикальних сталевих резервуарів. [Чинний від 2009–07–01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 63 с.
- Комиссаров Д. В., Середович А. В., Иванов А. В. Методика определения геометрических характеристик стальных цилиндрических резервуаров с использованием лазерного сканирования. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2006. № 1(1).
- РД 39-0147103-385-87. Вимоги до робіт з проведення технічного огляду (обстеження) резервуарів типу РВС для зберігання нафти: затв. наказом Міністерства Палива та Енергетики України від 12.12.2007 №588. 2007. 46 с.
- Самойленко А. Н., Заец В. В. Повышение точности определения геометрических параметров и градуировки вертикальных цилиндрических резервуаров при их поверке. Измерительная техника. 2007. № 3. С. 29–33.
- Самойленко О. М Геодезичні методи визначення геометричних параметрів динамічних об’єктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.24.01. Київ, 2011. 32 с.
- Сафарян М. К., Иванцов О. М. Проектирование и сооружение стальных резервуаров для нефтепродуктов. Москва: Гостоптехиздат, 1961. 328 с.
- Середович А. В., Иванов А. В. Разработка методики определения геометрических параметров РВС по данным лазерного сканирования. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2006. № 1(2). С. 160–164.
- СОУ 60.3-31570412-027:2007. Магістральні нафтопроводи. Нафтоперекачувальні станції, морські термінали. Технічний огляд, експертне обстеження технологічного обладнання і трубопроводів. Методи і методики. [Чинний від 2007-09-28]. Вид. офіц. Київ: ВАТ «Укртранснафта», 2007. 219 с.
- СОУ 60.3-31570412-027:2007. Магістральні нафтопроводи. Нафтоперекачувальні станції, морські термінали. Технічний огляд, експертне обстеження технологічного обладнання і трубопроводів. Методи і методики. [Чинний від 2007-09-28]. Вид. офіц. Київ: ВАТ «Укртранснафта», 2007. 219 с.
- Сплайн-функції та їх застосування / Довгий Б. П. та ін. Київ: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2016. 117 с.
- Тарасенко М. І., Тищенко А. Г. Методика визначення технічних параметрів електронних тахеометрів при роботі у безвідбивачевому режимі. Геодезія, картографія і аерофотознімання. № 72. С. 54–61.
- Тревого І. С., Ільків Є. Ю., Кухтар Д. В. Оптимізація використання плівкових відбивачів для спостереження за деформаціями інженерних споруд. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2013. № 78. С. 146–148.
- Шикин Е. В., Каменецкий М. М. Кривые на плоскости и в пространстве: Москва: Фазис, 1997. 325 с.
- Szostak-Chrzanowski A., Chrzanowski A., Massiera M. Use of geodetic monitoring measurements in solving geomechanical problems in structural and mining engineering. Proceedings of the 11th Int. Symp. On Deformation Measurements. 2003. p. 25-28.

IMPROVEMENT OF THE GEODESICAL CONTROL OF GEOMETRIC PARAMETERS OF VERTICAL STEEL TANKS

Kovtun^{1*} V.

^{1*}. Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76000, E-mail: rjdneyn@gmail.com

The purpose of this work is to improve the existing methods for determining the geometrical parameters of vertical steel tanks by performing their expert survey, namely its geodetic component through the construction of their 3D surface, using bicubic spline interpolation.

Keywords – bicubic spline interpolation, bicubic spline, vertical steel tank, geometric parameters, expert inspection, technical inspection, deformation of engineering structures.

УДК 528.48

ПРОСТОРОВЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ РОЗМІЧУВАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З НАХИЛОМ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ

Лапицький^{1*} І.

1*. Кафедра інженерної геодезії, Київський
Національний університет будівництва та архітектури,
пр-т Повітрофлотський, 31, Київ, Україна, 03037,
E-mail: lapyskyi.iv@knuba.edu.ua

Особливі криволінійні ділянки автомобільних доріг з поздовжнім нахилом не завжди забезпечуються безпечними віражами і кривими, розрахованими на реальні режими руху автотранспорта. Досліджені зміни швидкості автомобілей на таких кривих потребують рекомендованих автором "гальмівних" траєкторій і збільшення поперечного нахилу віражів. Це забезпечить підвищення техніко-економічних показників та безпеку руху.

Ключові слова – автомобільні дороги; гальмівні криві; віражі; геодезичне розмічування; безпека руху.

Вступ

Криволінійні ділянки автомобільних доріг із значним нахилом осі поздовжнього профілю часто утворюють дуже небезпечні для руху автотранспорта місця з невітійною статистикою дорожньо-транспортних пригод. Це відбувається, наприклад, коли безпека руху автомобіля донизу по осі дороги із одночасним поворотом не забезпечується повною мірою поперечним нахилом віражу. Віраж на повороті, так би мовити, "з'їдається" нахилом осі поздовжнього профіля і втрачає свою властивість запобігати заносу.

Дослідження руху та рекомендовані гальмівні криві

Зазначені, вкрай небезпечні ділянки автомобільних доріг, образно кажучи "политі кров'ю" численних ДТП, визначені разом із службою дорожньої поліції і досліджені автором. До прикладу, на рис. 1 зображена типова дорожньо-транспортна пригода на такій ділянці.



Рис. 1. Приклад дорожньо-транспортної пригоди, викликаній недостатнім поперечним нахилом віража на ділянці автомобільної дороги із значним нахилом осі поздовжнього профілю

По-перше, досліджувалася швидкість автомобілів на спусках з поворотом за допомогою радарів. З'ясувалося, що перед спуском з поворотом 97% автомобілів знижують швидкість. Навпаки, 85% зустрічних автомобілів на підйомі з поворотом збільшують швидкість, виходячи з кривої на більш горизонтальну та пряму ділянку. Тому перехідні криві таких дорожніх заокруглень повинні відповідати реальним режимам руху. А саме: перехідні криві таких ділянок повинні бути розраховані як гальмівні криві, виведені автором [Лапицький, 1987 – Геодезическая разбивка ...; Лапицький, 1985 – Дополнительный эффект ...; Лапицький, 1985 – Уточнение параметрических уравнений ...; Лапицький, 1980], захищені в дисертаційній роботі [Лапицький, 1987 – Разработка и исследование ...] та рекомендовані для реконструкції таких небезпечних ділянок. Відгін віражу на таких кривих треба робити плавним з поперечним ухилом, додатково збільшеним на величину ухилу поздовжньої осі автомобільної дороги на цій ділянці.

Висновки

Реконструкція та проектування таких ділянок з урахуванням вищезазначених рекомендацій забезпечить підвищення техніко-економічних показників та безпеки руху автомобільного транспорту. Детальні розрахунки та розмічувальні креслення рекомендованих кривих — в наступних публікаціях автора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Лапицкий И. В. Геодезическая разбивка тормозных кривых и безопасность движения на транспортных развязках [Текст] / И. В. Лапицкий // Инж. геодезия. – 1987. – Вып. 30. – С. 49–52.
- Лапицкий И. В. Дополнительный эффект применения уточненных параметрических уравнений тормозных кривых при проектировании и геодезической разбивке транспортных развязок [Текст] / И. В. Лапицкий. – Киев, 1985. – 18 с. – Деп. в УкрНИИИТИ №1623 Ук-85.
- Лапицкий И. В. Пространственная оптимизация осей сложных дорожных закруглений и их разбивка в наклонной плоскости визирования [Текст] / И. В. Лапицкий // Инж. геодезия. – 1980. – Вып. 23. – С. 59–67.
- Лапицкий И. В. Разработка и исследование методов разбивочно-контрольных и проектных работ для строительства криволинейных участков автомобильных дорог [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.14, 05.24.01 / Лапицкий Игорь Владимирович. – Киев, 1987. – 121 с.
- Лапицкий И. В. Уточнение параметрических уравнений для проектирования и геодези-

ческой разбивки тормозных кривых в целях повышения безопасности движения на транспортных развязках [Текст] / И. В. Лапицкий. – Киев, 1985. – 23 с. – Деп. в УкрНИИИТИ 23.07.85 №1509.

SPATIAL GEODETIC DELINEATION OF CURVILINEAR SECTIONS OF MOTOR ROADS WITH A SLOPED LONGITUDINAL PROFILE

Lapytskyi¹* I.

1*. Department of Engineering Geodesy, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotskyi Ave., Kyiv, Ukraine, 03037, E-mail: lapytskyi.iv@knuba.edu.ua

Particular curvilinear sections of highways with longitudinal inclination are not always provided with safe superelevations and curves that are designed for practical traffic modes. The results of studies of changes in the speed of cars on such curves require the "braking" trajectories and the increase in the transversal slope of the bends that are recommended by the author. This will ensure improved technical and economic performance and safety of the traffic.

Keywords – motor roads; braking curves; road bends; geodetic delineation; traffic safety

УДК 528.854.2

ЗАСТОСУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ З ҐРУНТОВИМ ПОКРОВИМ З ВИКОРИСТАННЯ ЗНІМКІВ СИСТЕМИ LANDSAT-8

Пулеко¹ І. *, Чумакевич² В. *

1*. Кафедра інженерії програмного забезпечення,
Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005,
E-mail: pulekoigor@gmail.com

2*. Кафедра інженерної геодезії, Національний університет
«Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, Львів, Україна,
79013, E-mail: chumakevich1970@gmail.com

Для попереднього визначення ділянок з ґрун-
товим покривом використано дешифрування зобра-
жень, які отримані з Landsat-8. Запропоновано метод
автоматизованого дешифрування космічних знімків.
Він полягає в об'єднанні каналів 2-7 в одне багато-
спектральне зображення з подальшим перетворенням
природних кольорів на штучні для комбінації каналів
5-6-8. Данні процедури задовільняють умовам зна-
ходження території дослідження ґрунтового покриву.

Ключові слова – космічний знімок, автоматизо-
ване дешифрування, ґрунтовий покрив, контролю-
вана класифікація, бінарна маска.

Вступ

Із часів американського геолога та геофізика
У. Хоббса [В. І. Лялька, 2006; Howard, A., 2015],
який перший широко став використовувати мате-
ріали космічних спостережень для дослідження
геологічних особливостей місцевості, їх викорис-
тання пройшло великий шлях і сьогодні широко
використовують для досліджень. Якщо в кінці ХХ
сторіччя космічні знімки використовували, в
основному для районування і геологічного карто-
графування територій, то сьогодні є можливість
докладної класифікації геологічної обстановки в
районі дослідження [Трифонов Т. А., 2005;
А. Е. Горшенин, 2011]. Наприклад, за даними
космічного спостереження були виявлені нові
просідання ґрунтів в районі зони екологічного
лиха в Стебнику Львівської області.

Постановка проблеми

Як правило, споживачі космічної інформації
мають можливість замовляти дані, що їх цікавлять,
у вигляді матеріалів, що вже пройшли попередню
обробку. Тематичну ж обробку знімків для вирі-
шення більшої частини прикладних завдань,
навпаки, як правило, проводять самі споживачі
космічної інформації [Трифонов Т. А., 2005;
В. І. Лялька, 2006; А. Е. Горшенин, 2011].

Для тематичного дешифрування спектраль-
них даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)
важливим є те, що графіки спектрального відбиття
окремих типів ґрунтів, рослинності й різних
рослинних співтовариств мають свої особливості в
певному інтервалі довжин хвиль як у положенні
піка спектра, так і в конфігурації кривої спектраль-
ного відбиття.

Наприклад максимум відбиваючої властивос-
ті рослинності знаходиться в діапазоні 0, 55 мкм
(зелена складова спектру), а мінімум – 0,66 мкм
(у червоній) [Трифонов Т. А., 2005; А. Е. Горше-
нин, 2011]. Наприклад за спектральною відбиваю-
чою властивістю можна розрізнити гумусні гори-
зонти, освітлені та залізовані горизонти. Але для
подальшого ґрунтового аналізу необхідно виділи-
ти ділянки, де переважають відкриті ділянки без
водних та рослинних ресурсів. Для цього викорис-
товують спеціальні прийоми. У сучасних програм-
них комплексах обробки, як правило, існує певний
набір способів контрольованої класифікації:
спектрального кута мінімальної відстані, паралеле-
піпедів; спосіб максимальної правдоподібності;
дистанції Махаланобіса; бінарне кодування тощо.

Мета

Метою даної роботи є розроблення методу
автоматизованого визначення ділянок, які не
зайняті лісами та водоймами за допомогою мате-
матичних методів опрацювання інформації при
дешифруванні багатоспектральних зображень з
апаратури космічного апарата Landsat-8 [С. І. Ев-
докимов, 2015; Landsat 8].

Методика та результати досліджень

Прийнято вважати, що для двох класів (на-
приклад, вода і суша) найбільш доцільним є засто-
сування бінарного кодування [А. Е. Горшенин,
2011; Landsat 8; QH, Tang & Gao, 2009; Howard, A.,
2015]. При бінарному кодуванні всім пікселям прис-
воюється одне із двох значень на основі порівняння
зі значеннями еталонних вибірок. Під час класи-
фікації значення кожного пікселя порівнюються із
середнім еталонної вибірки. В результаті виходить
бінарне зображення. Однак, на практиці добитися
чіткого розділення знімка з різними елементами
місцевості на два класи досить складно.

При створенні масок ґрунтових об'єктів
можна використовувати спосіб спектрального кута.
Даний спосіб дає гарні результати, коли потрібно
провести класифікацію для об'єктів, які мають схо-
жі значення яскравості у всіх спектральних діапазо-
нах. Крім того, оскільки цей спосіб не враховує
значення яскравості пікселів, то на результати не
впливають і ефекти засвічування знімків.

Перевагою даного способу є те, що класи, от-
римані способом спектрального кута, залежать від

кута між векторами яскравості пікселів і не залежать від довжини вектору (значення яскравості).

Для покращення якості класифікації застосовуються процедури посткласифікації до яких доцільно скористатися процедурами групування пікселів («Clumping classes») та «просіювання класів».

Тож пропонується використати данні процедури для попереднього знаходження території дослідження ґрунтового покриву.

Для автоматизованого дешифрування використовуємо багатоспектральні знімки Landsat-8 в форматі GeoTIFF з прив'язкою WGS84 (UTM) рівня обробки Level 1. Наведемо методику.

Спочатку вирізають відповідну частину знімка, яка являє інтерес у дослідників.

Об'єднуємо знімки Landsat-8 в каналах 2-7 в одне багатоспектральне зображення (рис. 1).

Відповідні канали червоного, зеленого та синього кольорів RGB перетворюємо зображення у штучні кольори B_n апаратури Landsat-8 (рис. 2):

$$R \otimes B_5, G \otimes B_6, B \otimes B_4.$$



Рис. 1. Фрагмент знімка апаратурою Landsat-8 м. Житомир у комбінації 4-3-2

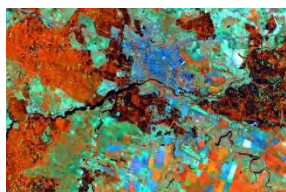


Рис. 2. Фрагмент знімка апаратурою Landsat-8 м. Житомир у комбінації 5-6-4 штучних кольорів

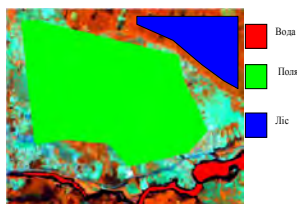


Рис. 3. Виділення еталонних ділянок

Виділяються еталонні ділянки (рис. 3) для подальших досліджень.

З використанням спеціалізованих програмних засобів проводимо контрольовану класифікацію знімка.

Висновки

Запропоновано ефективний метод автоматизованого дешифрування космічних знімків Landsat-8 для попереднього визначення ділянок з

ґрунтовим покривом. Данні процедури задовільняють умовам попереднього знаходження території дослідження ґрунтового покриву.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. – К., 2006. — 357 с.
- Космические методы дистанционного зондирования Земли: Учебное пособие / А. Е. Горшенин, С. А. Кондратенко, Р. Н. Осадчук, А. М. Перегуда. – Житомир: ЖВИ НАУ, 2011. – 280 с.
- С. И. Евдокимов, С. Г. Михалап Определение физического смысла комбинации каналов снимков LANDSAT для мониторинга состояния наземных и водных экосистем. Вестник Псковского государственного университета. Псков. Серия «Естественные и физико-математические науки». 7/2015 с. 21-31.
- Трифонов Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях / Т. А. Трифонов, Н. В. Мищенко, А. Н. Краснощеков. — М., 2005. — 352 с.
- Howard, A.; et al. (Aug 19, 2015). "Remote sensing and habitat mapping for bearded capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*): landscapes for the use of stone tools". Journal of Applied Remote Sensing. 9 (1). doi:10.1117/1.JRS.9.096020
- Landsat 8 Data Users Handbook: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook>.
- QH, Tang & Gao, Huilin & Lu, Hui & P. Lettenmaier, Dennis. (2009). Remote sensing: Hydrology. Progress in Physical Geography. 33. 490-509. 10.1177/0309133309346650

APPLICATION OF OUTDOOR PHOTOS FOR THE DISTRIBUTION OF A TERRITORY WITH SOIL COVERING WITH THE USE OF LANDSAT-8

Puleko¹ I. *, Chumakevych² V. *

1*. Department of Software Systems, Zhytomyr Polytechnic State University, Chudnivska str., 103, Zhytomyr, Ukraine, 10005, E-mail: pulekoigor@gmail.com

2*. Department of Engineering Geodesy, Lviv Polytechnic National University, Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, E-mail: chumakevich1970@gmail.com

The decoding of the images obtained from Landsat-8 was used to pre-determine the areas with soil cover. The method of automated decryption of space images is proposed. It is to merge channels 2-7 into one multispectral image, with the subsequent conversion of natural colors to artificial ones for the combination of channels 5-6-8. These procedures satisfy the conditions of the soil study area.

Keywords – space picture, automated decryption, ground cover, controlled classification, binary mask.

AIR POLLUTION A FEATURE THAT AFFECTS THE VALUE OF REAL ESTATE

Mariusz Górak

*University of Agriculture in Krakow, Department of Geodesy,
e-mail: mariuszgorak@interia.eu*

In recent years in Poland there has been a definite increase in interest in issues related to air pollution, commonly known as "smog". It is right that information about such a serious threat to health should appear in the media, public debate and scientific publications. Topics related to environmental pollution, especially air pollution, are characterized by an extremely interdisciplinary character. In order to eliminate or at least minimize the negative effects of economic development, which is, among others, air pollution, intensive work is being carried out related to the development of modern technologies giving the possibility of using alternative, renewable energy sources. Successive activities aimed at implementing the principles for environmental protection strengthen the economic position of Poland against the background of highly developed European countries. Implementation of investments that respect the principles of sustainable development have a major impact on socio-economic development in both the local and regional dimension, both in urban areas and outside these areas.

Keywords: real estate appraisal, real estate management, spatial planning, investment location.

The purpose of the research is to show that the location of real estate considered in the aspect of conditions related to air pollution is a feature that influences tenants' decisions in connection with the choice of location of real estate intended for commercial purposes (office buildings).

The subject of the study is office space in the city of Krakow. The analysis was carried out in terms of the supply of newly built office buildings and the demand for renting this type of space. The research period covers the years 2014-2018. Fig. 1 presents collected information on the supply of newly built office space, the demand for rent and the vacancy rate.

The data in Fig. 1 shows that the demand for office space in the period under consideration exceeds the supply. Despite this, the vacancy rate increases from 3.5% to 9%, which results from the increase in tenants' expectations regarding the standard of space for rent. Tenants are more likely to rent space in A class office buildings than B class buildings.

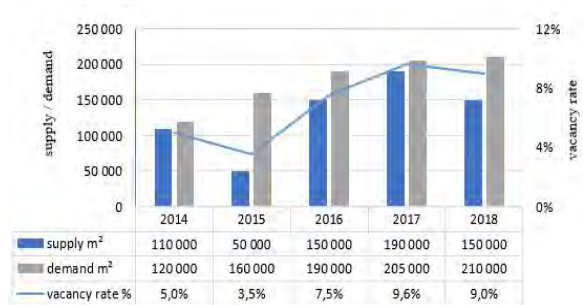


Fig.1. A summary of the supply of newly built space, the demand for office space and the vacancy rate in 2014-2018 in the city of Krakow. [source: own study based on <https://www.bip.krakow.pl>]

According to Fig. 2, the classic condition of the rental market is a situation in which the increase in demand from D to D1 does not affect the increase in supply from S1 to S2. In this situation, shortages in supply are eliminated by the use of vacancy rates, causing a decrease in the vacancy rate. However, if the development of vacancies will deplete them, the rental rates increase up to the level of R1. The consequence of the increase in rental rates will be the increase in supply as illustrated by the SM curve.

With an increase in supply from S1 to S2 and with demand continuing at D1, rental rates will fall to R3. In a situation when the increase in supply reaches the S2 level and the demand drops to the D level, the rental rates will fall to the R4 level.

The above situation presents a certain regularity of the real estate market, whereby supply over a certain period reacts flexibly to an increase in rental rates, while it is not flexible in the opposite direction. This means that reducing rents does not reduce supply.

In order to check the above-described regularities making rent rates dependent on demand, supply and vacancy rate, an analysis was made of the level of rent rates for A and B class office space in Krakow in the years 2014-2019. The information collected is shown in Fig. 3.

Fig. 3 shows that rental rates for A and B class office space in Krakow in 2014-2019 (the analysis of rental rates until 2019 was expanded to examine the market response to space supply in 2018) showed a slight downward trend despite significantly rising costs construction (i.e. despite an increase in property prices and an increase in prices of construction materials and services).

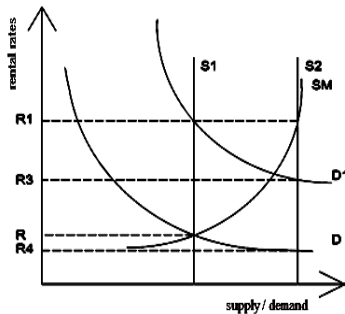


Fig.2. Change in the level of rents for office space based on demand and supply on the real estate market. [source: Own study based on 'Real estate and the market']

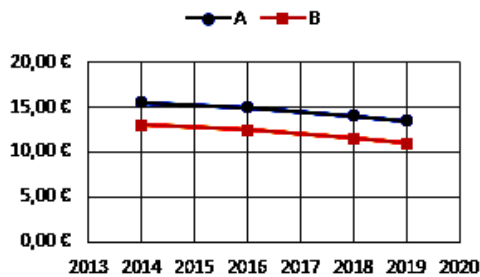


Fig.3. Rental rates for class A and B office space in Krakow in 2014-2019. [source: own study based on <http://www.mrn.pl/>]

In order to check whether the location of the property considered in the aspect of conditions related to air pollution is a feature affecting tenants' decisions in connection with the choice of the location of the property intended for commercial purposes (office buildings), the exceeding of the permissible amount of suspended dust PM10-24g [$\mu\text{g} / \text{m}^3$] was analyzed in five areas of the city of Krakow in 2018. The division of the city of Kraków into individual regions is presented in Fig. 4. However, the collected information regarding the concentration of suspended dust PM10-24g [$\mu\text{g} / \text{m}^3$] is shown in Fig. 5.



Fig.4. Study areas of the city of Krakow.

[Source: own study based on

http://pl.wikipedia.org/wiki/Podział_administracyjny_Krakowa]



Fig.5. Exceeding the permissible amount of suspended dust PM10-24g [$\mu\text{g} / \text{m}^3$] in five areas of the city of Krakow in 2018. [Source: own study based on measurement data provided by GIOŚ]

For the same regions of the city of Krakow, data on the vacancy rate were also analyzed. The result of this analysis is shown in Fig. 6.

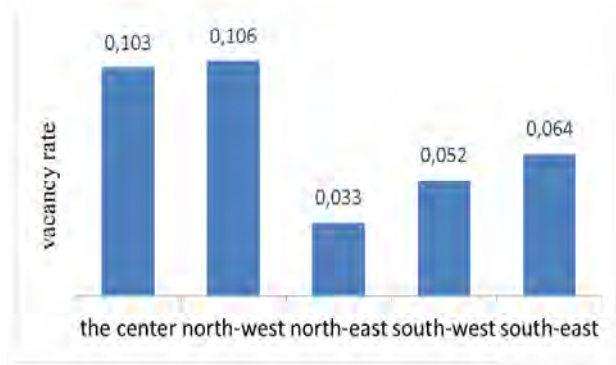


Fig.6. The vacancy rate in five areas of the city of Krakow in 2018. [source: own study]

It can therefore be concluded that the policy of tenants of office space takes into account this adverse factor, which is air pollution, when choosing the location of office space. This was especially noted in the case of companies with foreign capital. In addition, the indicator determining the annual value of exceedances of air pollution (e.g. pollution caused by the PM10 particulate matter considered in this paper) may be one of the factors affecting the decrease or correction of the level of rents of office space for rent.

The results of the analysis showed that the location of real estate considered in terms of local conditions regarding air pollution is now an important feature determining the suitability of real estate for commercial purposes. This feature affects the amount of income generated by the property, and therefore should be included in the estimation process.

УДК 629.056.88+551.51

ПРО ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЗЕНІТНИХ ТРОПОСФЕРНИХ ЗАТРИМОК ІЗ СПОСТЕРЕЖЕНЬ PPP-МЕТОДОМ З ДОПОМОГОЮ ОН- ЛАЙН СЕРВІСІВ ТА ПАКЕТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Заблоцький Ф., Савчук С.

Кафедра вищої геодезії та астрономії, Національний
університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12,
Львів, Україна, 79013, E-mail: ssavchuk@polynet.lviv.ua

При проходженні сигналів глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS) через тропосферу Землі виникає їх тропосферна затримка через зміну показника заломлення середовища. Метод точного позиціонування пункту (PPP) дозволяє досягнути см/мм точності лише за допомогою одного GNSS-приймача. У цьому методі зенітна тропосферна затримка (ZTD) оцінюється поряд з невідомим положенням пункту спостереження. Розрахована ZTD може бути корисною для метеорологічних застосувань, наприклад, для оцінки вмісту водяної пари в атмосфері. Метод PPP реалізується за допомогою різних алгоритмів та моделей в онлайн-сервісах та програмних пакетах.

У цьому дослідженні представлена оцінка ефективності ZTD від трьох онлайн-сервісів PPP та трьох програмних пакетів. Основна мета даної роботи полягає в тому, щоб показати досягнуту в PPP-методі точність оцінки ZTD. Проведений аналіз надає уявлення про залежність алгоритму опрацювання та його вплив на оцінку тропосферних затримок в PPP-методі.

Ключові слова – GNSS; зенітні тропосферні затримки, точне розташування пункту (PPP); PPP он-лайн сервіси.

Вступ

Дані GNSS широко використовуються для позиціонування та навігації, крім того, вони також можуть використовуватися для моніторингу атмосфери. Відомо, що на GNSS-сигнали, які поширюються в атмосфері Землі, мають значний вплив як вміст електронів в іоносфері так і густина повітря в електрично нейтральній атмосфері (особливо в тропосфері). Вплив тропосфери описується коефіцієнтом заломлення повітря, що залежить від тиску, температури та парціального тиску водяної пари [Заблоцький Ф.Д., 2013]).

Отже, прикладом додаткового використання даних GNSS, окрім позиціонування та навігації, є інтеграція тропосферної затримки шляху GNSS-сигналів, що визначається із опрацювання супутникових спостережень, із даними вимірювання мікрохвильового радіометра для пошуку точної

корекції вологої складової тропосфери для альтиметричних продуктів. Іншим використанням даних GNSS є дистанційне зондування атмосфери, де сигнали GNSS можуть використовуватися для вимірювання фізичних змінних, таких як температура атмосфери, тиск і висота тропопаузи, необхідні для моніторингу погоди та зміни клімату. Прикладами є також вимірювання за допомогою сигналів GNSS кількості води, що осідає в атмосфері. Тоді значення осаджуваної води можна оцінити з кількості водяної пари в атмосфері, пропорційної вологій складовій тропосферної затримки (ZWD) [Заблоцький Ф.Д., 2013]). Осаджувана вода має безпосереднє відношення до прогнозу погоди та вивчення екстремальних погодних явищ.

Волога зенітна затримка ZWD та гідростатична («суха») зенітна затримка (ZHD) складають загальну зенітну тропосферну затримку (ZTD), яку можна оцінити або застосуванням принципу подвійних різниць DD (double-differenced) або методом точного позиціонування пункту (PPP) [Savchuk S., Khoptar A., 2018]. Якщо ефектом подвійних різницевих вимірювань DD є усунення більшості поширених помилок між різними шляхами проходження GNSS-сигналу. Однак, якщо такі помилки можна оцінити, стає перспективним визначення цілочисельних неоднозначностей на абсолютних або нерізницевих (*undifferenced*) вимірах. Після цього фазові вимірювання стають подібними до вимірювань псевдовідстаней з рівнем шуму в кілька міліметрів. З використанням цього методу можна оцінити затримку тропосфери, зміщення положення та годинника приймача, використовуючи точні ефемериди та іоносферні комбінації (ionospheric-free) кодових та фазових багаточастотних спостережень [Hofmann-Wellenhof B. et al., 2008].

Метод PPP реалізується за допомогою різних алгоритмів та моделей в онлайн-сервісах та програмних пакетах. У цьому дослідженні представлена оцінка точності визначення ZTD від онлайн-сервісів PPP та спеціалізованих програмних пакетів, що реалізують метод PPP.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Точне позиціонування пункту – відома технологія позиціонування, що спирається на спостереження від одного приймача, а також на доступну ефемеридно-часову інформацію (точні супутникові орбіти та поправки годинників) [Zumberge J.F. et al., 1997]. У підході PPP спостереження від одного приймача використовуються для оцінки положення приймача, цілочисельних фазових неоднозначностей, зміщення годинника GNSS-приймача та тропосферної затримки

[Leick A. et. all, 2015]. Технологія PPP обслуговує широкий спектр застосувань, таких як: точне позиціонування, зондування водяної пари в атмосфері, геодинамічний моніторинг, визначення параметрів орбіти LEO-супутників Землі, точне землеробство тощо. В останні роки дана технологія продемонстрували високу здатність стати технологією позиціонування нового покоління.

GNSS-спільнота завжди приділяла підвищену увагу для підвищення точності PPP-методу. Шляхом різних підходів до розв'язування неоднозначності рядом авторів [Laurichesse D. et all, 2009] вдалося підвищити точність щогодинних результатів спостережень з 1.5-3.0 до 0.5-1.0 см для компонент топоцентричних координат.

Перевагою розв'язування фазової неоднозначності методом PPP є те, що опрацювання можна провести безпосередньо на рівні користувача без будь-якої близької чи далекої опорної/референційної станції. Вимога, однак, полягає в тому, що повинні бути доступні точні та *послідовні* супутникові продукти: файл орбіт супутників (.sp3), файл параметрів годинників (.clk) та файл широкозонних супутникових зміщень (.wsb). Ці дані регулярно визначаються з 2017 р. на глобальній мережі IGS-станцій різними дослідницькими центрами [Kouba J., 2019].

Традиційно визначення величин ZTD базувалося на аналізі GNSS-даних в режимі пакетного мережевого розв'язку з використанням методу найменших квадратів і способу спостереження, що опирається на утворення подвійних різниць (DD) [Leick A et all, 2015]. Абсолютний метод точного позиціонування (PPP) [Zumberge, J.F. et all, 1997], для реалізації якого був необхідний доступ до точних поправок супутникових годинників разом з прогнозованими орбітами, практично не використовувався в GNSS-метеорології. Проте в останні роки цих два різних підходи аналізу GNSS-даних почали інтенсивно розроблятися саме у GNSS-метеорології. В [Савчук С., Заблоцький Ф., 2016] порівнюються зазначені підходи до опрацювання GNSS-спостережень, а саме DD і PPP у їх реалізаціях: Bernese GNSS Software та Alberding GNSS Status Software, відповідно.

Стосовно оцінювання величин ZTD, то для цього добре підходив би метод радіозондування атмосфери [Savchuk S. et all, 2018]. Проте, через значний часовий інтервал між зондуваннями і просторову обмеженість їх, а також залежність якості масиву даних від висоти вимірювань і відмінності у конструкціях радіозондів інтерпретація даних радіозондувань втрачає дещо свою об'єктивність.

У цій роботі представлений порівняльний аналіз ZTD-оцінок, отриманих за допомогою шести різних програмних продуктів із використанням GNSS-даних із десяти станцій мережі IGS. Аналіз виконано шляхом співставлення обчислених зенітних затримок та відповідного тропосферного продукту Міжнародної служби GNSS (IGS).

Виклад основного матеріалу досліджень

Метод PPP був реалізований різними програмними пакетами, які дотримуються різних стратегій опрацювання або використовують точну ефемеридно-часову інформацію (ЕЧІ) з різних джерел. Є онлайн-сервіси, доступні через Інтернет, та спеціалізовані програмні пакети, які потрібно встановити та запустити локально на комп'ютері. Для цього дослідження було використано шість різних програмних продуктів (ПЗ) з PPP-постопрацюванням: три з них – онлайн-сервіси APPS, CSRS-PPP та magicGNSS та три автономні пакети програм gLAB, RTKLIB та GipsyX. Короткий опис характеристик онлайн-сервісів та програмного забезпечення, що використовувалось для цього дослідження, можна знайти в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння можливостей програмних продуктів

ПЗ	Параметри		
	Сузір'я	ЕЧІ	Функ. відобр.
APPS (1)	GPS	JPL	GMF
CSRS-PPP(2)	GPS,GLO	IGS	GMF
magicGNSS (3)	GNSS	IGS	GMF
gLAB (4)	GPS,GLO,Gal	CNES	VMF1
RTKLIB (5)	GPS+GLO	IGS	NMF
GipsyX (6)	GNSS	JPL	GMF

Спільними характеристиками зазначеного ПЗ були: режим опрацювання – статика, використовувані частоти – L1/L2, типи спостережень – кодові та фазові, модель фазових центрів антен – ANTEX, референційна система – IGS2014, кут відсічки – 10°.

Спеціалізовані програмні пакети gLAB, RTKLIB та GipsyX, що реалізують метод PPP, були встановлені на комп'ютері. Для всіх них необхідно завантажити файл спостереження та для PPP також потрібні точні ефемериди та поправки годинників (ЕЧІ). Додатково були включені інші виправлення, такі як припливні навантаження (Ocean Tide Loading), параметри фазового центру антени, тропосферні моделі для гідростатичної складової ZTD, параметри орієнтування Землі (ЕОР), моделі впливу другого порядку іоносфери,

систематичні зміщення, пов'язані з релятивістським та гравітаційним ефектом, windup ефектом. Для цього дослідження були використані кінцеві продукти IGS, JPL та CODE.

Дані, використані в цьому експерименті, були зібрані з мереж IGS/EPN, у яких працює понад 1000 GNSS-станцій по всьому світу та Європі зокрема. Сервіс IGS забезпечує щоденні та щогодинні файли спостереження для кожної станції. Крім того, IGS надає інші продукти, такі як супутникові ефемериди, параметри обертання Землі та тропосферну затримку, яку в подальшому будемо називати тропосферний продукт IGS. Ця затримка генерується з наземних GNSS-даних з допомогою програмного пакету Bernese. Для її обчислення використовується кут відсічки супутників 7°, остаточні продукти IGS. При цьому часовий інтервал для ZTD становить 5 хв, а функцією відображення є GMF – глобальна функція відображення. Для цього дослідження використовувались дані спостереження з 10 станцій мереж IGS/EPN, перелічених у табл. 2, а також тропосферний продукт IGS протягом періоду досліджень. Вибрані для дослідження дні були 15-м календарним днем всіх місяців 2019 р.

**Перелік вибраних
для дослідження IGS/EPN станцій**

Станція	Місце розташування	Шир., °	Довг., °	Вис., м
BAIA	Байа Маре, RO	47.6	23.6	271
BOR1	Боровец, PL	52.3	17.1	125
CNIV	Чернігів, UA	51.5	31.3	176
GANP	Попрад, SK	49.0	20.3	746
GLSV	Київ, UA	50.3	30.5	227
KTVL	Кацивелі, UA	44.4	34.0	067
MIKL	Миколаїв, UA	47.0	32.0	095
POLV	Полтава, UA	49.6	34.5	178
SULP	Львів, UA	49.8	24.0	370
WROC	Врослав, PL	51.1	17.1	180

Результати

Для оцінки точності зенітних тропосферних затримок були отримані кожним із шести програмних продуктів ряди значень ZTD з 5-ти хв. інтервалом протягом 12 днів 2019 р. для десяти обраних GNSS-станцій. В якості показника точності використовувалася середня квадратична похибка (СКП), яка обчислювалася як:

$$СКП = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ZTD_{обч.} - ZTD_{IGS/EPN})^2}{n}}$$

де n – загальна кількість наявних значень ZTD. СКП обчислювались для кожної станції та кожного програмного забезпечення на обраний день. При цьому були використані всі наявні значення ZTD.

У табл. 3 приведено узагальнені оцінки СКП всіх розбіжностей, що визначалися для кожного програмного пакета та кожної PPP онлайн-послуги.

Таблиця 3

Значення СКП [см] для кожного програмного забезпечення з використанням усіх даних

Дата	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
15.01	2.3	0.8	1.9	1.5	4.8	0.4
15.02	2.2	1.4	2.6	0.9	3.7	0.6
16.03	1.8	1.2	2.8	1.8	5.0	0.3
15.04	2.5	1.9	3.2	2.0	4.2	0.2
15.05	2.7	1.0	3.3	2.1	4.0	0.3
14.06	3.2	2.1	4.0	1.9	3.6	0.1
15.07	1.9	1.4	3.5	2.2	3.9	0.2
15.08	2.4	1.8	3.9	2.0	3.1	0.3
15.09	2.9	2.2	4.3	2.1	3.4	0.1
17.10	2.0	0.9	2.8	1.6	4.0	0.2
15.11	3.1	1.3	3.7	1.9	4.2	0.4
15.12	3.1	1.7	4.0	2.2	5.0	0.2

З табл. 3 видно, що тільки онлайн-сервіс CSRS-PPP та, частково, APPS оцінює ZTD на більш близьке значення до тропосферного продукту IGS, ніж програмний сервіс magicGNSS. У більшості випадків СКП дорівнює або менше 3 см. З трьох програмних пакетів, що працюють локально, GipsyX – це той, який мав найменші СКП.

Кожне програмне забезпечення, що використовується для аналізу, і представлене в цьому дослідженні, використовує аналогічну стратегію для оцінки зенітних тропосферних затримок. Вона використовує певну модель для оцінки похилої гідростатичної затримки, потім, застосувавши деяку функцію відображення, трансформує її в зенітному напрямку. На кінцевому етапі оцінюється вже як невідома величина лише волога зенітна затримка. В процесі оцінки невідомих параметрів, як правило, застосовується розширений фільтр Калмана. При цьому те PPP програмне забезпечення, що використовує функцію відображення на основі даних про числові моделі погоди (GMF), краще моделює затримку, спричинену тропосферою, в той час якщо програмне забезпечення реалізує функцію відображення Niell, яка залежить лише від координат станції та дня року. Використання GMF є однією з причин того, що отримують оцінку зенітних затримок ближчою до продукту IGS-тропосфери.

Залишковий ефект іоносфери є ще однією причиною того, що обчислене значення та значення ZTD у тропосферному продукті IGS відрізняються. Модель, яка використовується для корекції ефекту іоносфери, часто не зазначається, або не використовується зовсім. Тому залишкові ефекти не усуваються, і вони можуть спричинити вплив на оцінку обчисленого ZTD.

Третьою причиною розбіжностей між обчисленням ZTD та значеннями в тропосферному продукті IGS є різні кути відсічки, що встановлені у програмному забезпеченні. Різниця на кілька градусів впливає на оцінку ZTD, оскільки деякі супутники можуть бути відкинуті у PPP-розв'язках.

Висновки

У цій статті проведено порівняльний аналіз зенітної тропосферної затримки (ZTD), отриманої за допомогою різного PPP програмного забезпечення, та відповідного тропосферного продукту Міжнародної служби GNSS (IGS). Обчислені ZTD були отримані за допомогою APPS, CSRS-PPP, MagicGNSS, gLAB, RTKLIB та GipsyX. Середня квадратична помилка (СКП) була використана як показник точності оцінки ZTD.

Було встановлено, що GipsyX отримує оцінки ZTD дуже близькі до значення тропосферного продукту IGS. Тропосферні моделі, що реалізовані в даний час у RTKLIB та gLAB, не належним чином враховують погодні та атмосферні умови. PPP-корекції, що використовуються онлайн сервісами CSRS-PPP та APPS, є задовільними. Сезонна зміна періоду спостережень не мала особливого впливу на оцінку ZTD PPP програмним забезпеченням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Заблоцький Ф. Д. (2013) ГНСС-метеорологія. Львів: Видавництво Львівської політехніки. – 96 с.
- Савчук С., Заблоцький Ф. (2016). Моніторинг тропосферної водяної пари в західній транскордонній зоні України. Геодезія, картографія і аерофотознімання, вип. 83. – с. 21-34.
- Automatic Precise Positioning Service (APPS), available at: <http://apps.gdgps.net/>
- CSRS-PPP service, available at: <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php?locale=en>
- Final IGS station tropospheric zenith path delay, available at: <ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/troposphere/>
- gLAB software tool, available at: <https://gage.upc.edu/gLAB/>
- Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, Wasle E (2008) GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer, Vienna. – 516 p.
- Kouba J. (2019) A Guide to Using International GNSS Service (IGS) Products. Available online: <http://acc.igs.org/UsingIGSProductsVer21.pdf> accessed on 4 October 2019).
- Laurichesse D, Flavien M, Jean-Paul B, Patrick B, Luca C (2009) Integer ambiguity resolution on undifferenced GPS phase measurements and its

- application to PPP and satellite precise orbit determination. Navigation, 56 (2), pp.135–149
- Leick A, Rapoport L, Tatarnikov D (2015) GPS satellite surveying, 4th edn. Wiley, New York. – 399 p.
- magicGNSS Web Service, available at: <https://magicgnss.gmv.com>
- RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, available at: <http://gpspp.sakura.ne.jp/rtklib/rtklib.htm>
- Savchuk S., Kablak N., Khoptar A. (2018) Comparison of approaches to zenith tropospheric delay determination based on data of atmosphere radio sounding and GNSS observation. Геодезія, картографія і аерофотознімання, вип. 88. – с. 24-32.
- Savchuk S., Khoptar A. (2018) Estimation of Slant Tropospheric Delays from GNSS Observations with Using Precise Point Positioning Method. Annual of Navigation, vol.25. – pp. 253-266
- Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H. (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. Journal of Geophysical Research, v.102, pp. 5005–5017.

ABOUT THE ACCURACY OF THE ZENITH TROPOSPHERIC DELAY ESTIMATES IN ON-LINE PRECISE POINT POSITIONING (PPP) SERVICES AND PPP SOFTWARE PACKAGES

Zablotsky F., Savchuk S.

Department of Geodesy and Astronomy, Lviv Polytechnic National University, vul. Bandera 12, Lviv, Ukraine,
E-mail: ssavchuk@polynet.lviv.ua

With the Global Navigation Satellite System (GNSS) signals passing through the Earth's troposphere, their tropospheric delay occurs due to changes in the environment refractive index. The Precise Point Positioning (PPP) method can achieving cm/mm accuracy with only one GNSS receiver. In this method, zenith tropospheric delay (ZTD) is estimated along with the unknown position of the observation point. The calculated ZTD can be useful for meteorological applications, for example, to estimate the water vapor content in the atmosphere. The PPP method is implemented using various algorithms and models in online services and software packages.

This study presents an evaluation of the effectiveness of ZTD from three online PPP services and three software packages. The main purpose of this paper is to demonstrate the accuracy of the ZTD estimation achieved in the PPP method. The analysis gives an idea of the processing algorithm dependence and its influence on the tropospheric delays estimation in the PPP method.

Keywords – GNSS; Zenith Tropospheric Delay; Precise Point Positioning; online PPP services.

УДК 528.23

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХОДУ ВІД КАРТОМЕТРИЧНИХ ДО АНАЛІТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Карпінський¹ Ю. *, Кінь² Д.

1*. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії,
вул. Велика Васильківська 69, Київ, Україна, 03150,
E-mail: karp@gki.com.ua

2. Кафедра геоінформатики і фотограмметрії, Київський
національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітрофлотський 31, Київ, Україна, 03037

Розроблено загальну методику дослідження: визначення еталонних значень картометричних операцій у середовищі MATLAB R2013b, проведення експериментів в середовищі ГІС, статистичний аналіз отриманих результатів.

Сформовано математичне обґрунтування строгих комп'ютерних методів обчислення площ геопросторових об'єктів. Розроблення спеціальної функції визначення площ дозволить вирішити низку проблем: врахування поправок за редукування з площини картографічної проекції на еліпсоїд, робота у будь-якому середовищі ГІС; використання строгих аналітичних методів на референс-еліпсоїді, що буде передумовою переходу до аналітичних операцій з геопросторовими даними не залежно від картографічної проекції та інших факторів. Ця функція дозволяє розрахувати методом Сімпсона площу геопросторового об'єкта з урахування його редукування на референс-еліпсоїд у середовищі ОР СКБД PostgreSQL 9.5.

Ключові слова: картометричні операції, референс-еліпсоїд, картографічна проекція, аналітичні методи, площа, довжина, геоінформаційна система, визначення поверхневого інтегралу методом Сімпсона.

Вступ

Підвищення ефективності управління територіями, ведення державних кадастрів, зокрема Державного земельного кадастру (далі ДЗК), вимагає від геоінформаційних систем достовірності геопросторових даних, визначення їх з необхідною та достатньою точністю.

Це передбачає серед інших заходів виконання робіт щодо визначення або уточнення меж земельних ділянок, населених пунктів та адміністративно-територіальних утворень, розмежування земель державної та комунальної власності, встановлення меж територій природо-заповідного фонду, лісового фонду, меж водоохоронних зон і прибережних захисних смуг тощо [1].

На теперішній час в Україні земельні ділянки є об'єктами ДЗК, тому їх межі та

відповідно площі юридично затвердженні, а це означає, що площі ділянок не повинні залежати від картографічних проекцій, середовищ ГІС, форми зберігання даних.

Постановка проблеми

Під час дослідження можливостей стандартних засобів ГІС дотримано такий принцип: сучасні комп'ютерні технології забезпечують реалізацію високоточних строгих математичних методів, що обумовило визначення картометричних характеристик не на аналогових картах, а за допомогою геоінформаційного моделювання.

Стандартні засоби у середовищі ГІС, невідомі або описані в загальному виді, що створює проблемні питання при використанні того чи іншого ГІС-продукту для певної задачі, наприклад, в кадастрових системах.

Координати геопросторових об'єктів можуть бути задані в різних системах координат. Найчастіше це прямокутні координати Гаусса-Крюгера, редуковані на площину (x і y). Редукування ще одного виду полягає в тому, що географічні координати (λ і ϕ) відносять до кулі(сфери) заданого радіуса, чим спрощуються подальші обчислення. В математичній картографії часто застосовують проектування еліпсоїда на кулю, виконуючи певні умови. При цьому подальші обчислення значно спрощені в порівнянні з обчисленнями на еліпсоїді [1].

Аналіз останніх досліджень

Стрімкий розвиток ГІС, як інструмента для роботи з геопросторовими даними, та її результативність за останні 20 років зумовлюють впровадження таких систем і технологій майже в кожній галузі виробництва та сфері надання послуг. Розвиток геоінформаційних технологій сприяє використанню строгих аналітичних методів для виконання різноманітних картометричних операцій на еліпсоїді, сфері тощо.

Питанням щодо виконання геодезичних та картометричних операцій на математичних моделях Землі розглядалися багатьма вченими світу: Jerzy Balcerzak, Paweł Pędzich, Marta Kuźma, Michael L. Dennis, R.E. Deakin, M.N. Hunter and C.F.F. Karney, Gojković Zoran, Radojičić Marija, Vulović Nikola, К.Ф. Афонін, Ф.К. Афонін та інші [2 – 9].

У дослідженнях [2 – 4] запропоновані програмні коди для автоматизації картометричних операцій на еліпсоїді і особлива увага була приділена визначенню площ полігональних об'єктів на референс-еліпсоїді.

Геопросторові об'єкти, для яких були використані геометричні примітиви (ST_Point, ST_Line, ST_Polygon), картометричні і геодезичні операції (ST_Transform, ST_Area, ST_Perimeter, ST_Distance) та параметри систем координат (SRID: 28406, SRID: 28407, SRID: 4284) відповідають стандартам:

1) ISO/IEC 13249-3:2002 FDIS. Informational technology – Database languages – SQL Multimedia and Application Packages. – Part 3: Spatial [10];

2) OpenGIS Simple Features Specification For SQL. Revision 1.1. OpenGIS Project Document 99-049 [11];

3) OpenGIS Implementation Standard for Geographic information – Simple feature access – Part 1: Common architecture Revision 1.2.1. OpenGIS Project Document 06-103r4 [12];

4) OpenGIS Implementation Specification: Coordinate Transformation Services Revision 1.00. OpenGIS Project Document 01-009 [13].

На базі наведених стандартів побудовано загальну архітектуру вхідних даних для проведення дослідження на мові UML, на якій зображено геометричні примітиви еталонних об'єктів та їх відношення між ними (рис. 1).

Абстрактний клас Geometry узагальнює геометричні примітиви, за допомогою яких побудовано еталонні моделі для дослідження, а також узагальнює методи, які детально розглянуто в кожному відповідному експерименті.

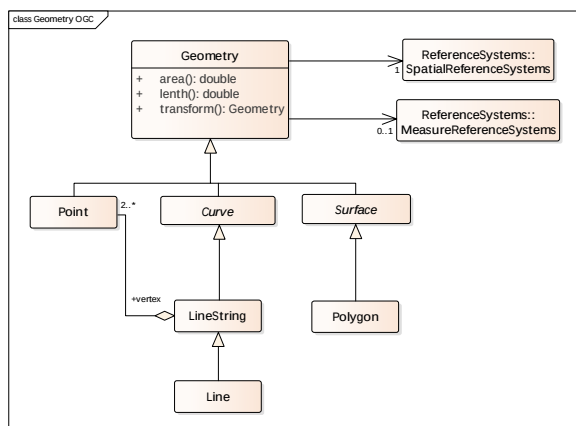


Рис. 1. UML-діаграма загальної архітектури даних у дослідженні

В Україні питання переходу від картометричних до аналітичних операцій досліджували Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, В.Д. Барановський та інші [1].

У роботі [1] отриманні результати у MapInfo Professional 7.0, ArcGIS 8.2 ArcMap, AutoDesk Map 3D, MicroStation V8 2004 Edition дозволили зробити висновок, що необхідно

розробити програмні компоненти аналітичного визначення площ та оцінки їх точності для динамічного підключення їх в геоінформаційні системи та інші програмо-методичні комплекси, які опрацьовують земельпорядну документацію, пов'язану з визначенням площ будь-яких територій.

Також треба виконати науково-дослідні роботи з дослідження визначення площ в існуючій земельпорядній документації та розробити методичні рекомендації по впровадженню точних методів визначення площ в існуючу земельно-кадастрову інфраструктуру.

Мета

Метою роботи є вирішення завдання щодо можливостей стандартних засобів ГІС виконувати геодезичні та картометричні операції з достатньою точністю і достовірністю для геодезичних і земельпорядних робіт.

Методика

Для визначення можливостей стандартних засобів ГІС висунуто чотири гіпотези, які дозволять визначити застосування тієї чи іншої математичної моделі Землі у певних ГІС-продуктах: на декартовій площині (гіпотеза №1), площині в проекції Гаусса-Крюгера (гіпотеза №2), поверхні сфери (гіпотеза №3), поверхні еліпсоїда (гіпотеза №4). Для підтвердження або спростування цих гіпотез проведено експерименти, в основі яких є реєстр геодезичних та картометричних операцій (рис. 2).

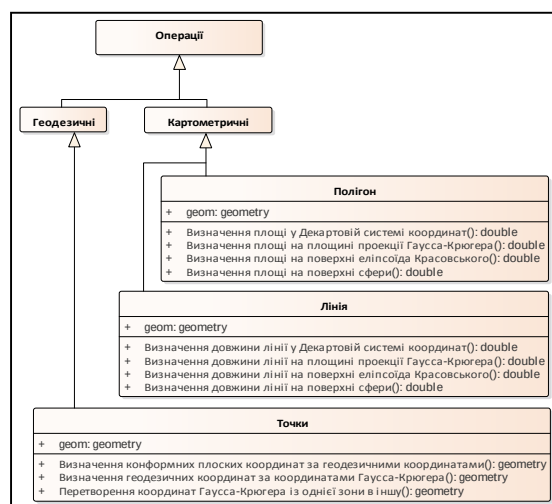


Рис. 2. UML-діаграма класів геодезичних та картометричних операцій за функціями

Всі отримані результати картометричних операцій в стандартному середовищі комерційних ГІС порівнювалися з еталонними моделями, розрахованими запрограмованими аналітичними

методами в середовищі MathLAB. Різниця між еталонними та емпіричними значеннями обчислюються за формулами 1 і 2 (рис. 3):

$$DC = C_{et} - C_{PZ} \quad (1)$$

$$PZ = \begin{cases} AG, nru \text{ ArcGIS} \\ MI, nru \text{ MapInfo} \\ QG, nru \text{ QGIS} \end{cases} \quad (2)$$

де PZ – предикат, який приймає значення в залежності від програмного засобу (далі ПЗ);
AG – значення предикату: ПЗ ГІС ArcGIS;
MI – значення предикату: ПЗ ГІС MapInfo;
QG – значення предикату: ПЗ ГІС QGIS.

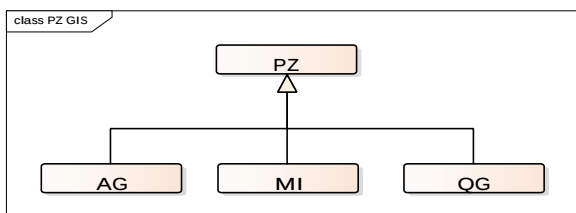


Рис. 3. UML – діаграма індексів використаних програмних засобів

Виконавши експерименти у трьох сучасних ГІС-продуктах: ArcGIS for Desktop 10.5 (ліцензія надана ТОВ «ЕКОММ Со»), MapInfo Professional 11.0 (ліцензія надана ДП «НДІГК»), QGIS 3.2, отримано результати для спростування чи підтвердження чотирьох гіпотез щодо визначення застосування певної математичної моделі Землі для картометричних операцій у ГІС-продуктах:

- гіпотеза № 1 підтверджена (від 0 до 6 м²): геодезичні і картометричні операції виконуються у Декартовій системі координат;
- гіпотеза № 2 спростована (від -3444,24 м² до -0,01 м²): геодезичні і картометричні операції не виконуються в проекції Гаусса-Крюгера;
- гіпотеза № 3 спростована: геодезичні і картометричні операції не виконуються на сфері;
- гіпотеза № 4 спростована (від 3531,79 м² до 3384,52 м²): геодезичні і картометричні операції не виконуються на еліпсоїді, окрім ПЗ QGIS (від 7,02 м² до 14,45 м²).

Результати

У першому наближенні визначено, що стандартний інструментарій із застосуванням строгих комп'ютерних методів на референц-еліпсоїд в розглянутих ГІС відсутній, що підтверджує актуальність розробки спеціальної функції визначення площ геопросторових об'єктів, а також усіх інших картометричних і геодезичних операцій, які не залежали би від картографічної проекції.

Розроблення спеціальної функції визначення площ геопросторових об'єктів для визначення картометричних властивостей геопросторових об'єктів дозволить вирішити низку проблем:

- врахування поправок за редукування з площини картографічної проекції на еліпсоїд;
- працювати у будь-якому середовищі ГІС;
- використовувати строгі комп'ютерні методи на референц-еліпсоїді, що буде передумовою переходу до аналітичних операцій з геопросторовими даними не залежно від картографічної проекції та інших факторів.

Враховуючи особливості математичних моделей Землі, вимоги до точності визначення площ земельних ділянок та відображення їх у землевпорядній документації, розроблено функцію, яка дозволяє розрахувати поверхневе інтегрування методом Сімпсона площу геопросторового об'єкта з урахування його редукування на референц-еліпсоїд, на мові SQL у середовищі ОР СКБД PostgreSQL 9.5.

Перед програмування цього алгоритму було побудовано блок-схему, яка відображає логічні послідовні кроки виконання операцій програмою, з використанням методів PostGIS:

- 1) декларування змінних функції;
- 2) перевірка вхідних даних, які будуть приймати участь у функції, повертаючи провалідовану геометрію об'єкту;
- 3) в залежності від вхідної картографічної проекції, виконання редукування геометрії об'єкту на поверхню референц-еліпсоїду Красовського;
- 4) розчленування полігону на лінії та розбиття їх на сегменти із заданим шагом;
- 5) визначення поверхневого інтегралу методом Сімпсона;
- 6) повернення значення площі об'єкта, який редуковано на референц-еліпсоїд.

Висновки

Проведені експерименти в обраних ГІС-продуктах, із однаковими параметрами систем координат, розкрили «чорну скриньку»: розрахунку геодезичних та картометричних властивостей геопросторових об'єктів за допомогою емпіричного методу.

Гіпотеза № 1 підтверджена, тобто картометричні операції виконуються на Декартовій системі координат, бо значення різниць задовольняють допуски, проте результати експерименту № 4 і 5 вказують на детальний розгляд розрахунків на еліпсоїді та його проекції.

Гіпотези № 2 – 4 спростовані, тобто картометричні операції не виконуються на площині в

проекції Гаусса-Крюгера, на поверхні еліпсоїда та сфери. Це пояснюється отриманими значеннями різниць величин спотворень експериментів № 4 і № 5, які мають відхилення від еталонних до 3444 м² на 1 км².

У перспективі майбутніх досліджень на основі розробленої строгої програми визначення площ геопросторових об'єктів розробити єдиний програмний застосунок для ГІС-продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Барановський В.Д., Карпінський Ю.О., Лященко А.А. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. Визначення площ територій / За заг. Ред. Ю.О. Карпінського. – К.: НДІГК. 2009. – 92 с. – (Сер. Геодезія, картографія, кадастр).
- Karney C. F. Algorithms for geodesics [Електронний ресурс] / Charles F. F. Karney // Journal of Geodesy. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://rdcu.be/bbY57> (дата звернення: 29.02.2019).
- Karney C. F. Geodesics on an ellipsoid of revolution [Електронний ресурс] / Charles F. F. Karney. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1102.1215.pdf> (дата звернення: 29.02.2019).
- Huang H. Estimating area of vector polygons on spherical and ellipsoidal earth models with application in estimating regional carbon flows [Електронний ресурс] / Huiting Huang // Lund University. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8921924&fileId=8922096> (дата звернення: 29.02.2019).
- Закатов П.С. Курс высшей геодезии. Изд. 4, перераб. и доп. М., «Недра», 1976. стр. 162 – 207.
- Freire R. R., Vasconcellos J. C. Geodetic or Rhumb Line Polygon Area Calculation over the WGS-84 Datum Ellipsoid //FIG Congress. – 2010. – С. 11-16.
- Galo M., Monico J. F. G., Oliveira L. C. Cálculo de áreas de polígonos sobre o elipsóide usando projeções equivalentes //Curitiba: Universidade Federal do Paraná. – 2003. – С. 465-479.
- Kuźma M., Pędzich Paweł: Application of methods for area calculation of geodesic polygons on Polish administrative units, w: Geodesy and Cartography, vol. 61, nr 2, 2012, ss. 105 – 115.
- Афонин К. Ф. Вычисление площадей земельных участков на поверхности эллипсоида вращения по плоским прямоугольным координатам Гаусса – Крюгера [Електронний ресурс] / К. Ф. Афонин, Ф. К. Афонин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/v/vychislenie-ploschadey-zemelnyh-uchastkov-na-poverhnosti-ellipsoida-vrascheniya-po-ploskim-pryamougolnym-koordinatam-gaussa-kryugera> (дата звернення: 19.11.2018).
- ISO/IEC 13249-3:2002 FDIS. Informational technology – Database languages – SQL Multimedia and Application Packages. – Part 3: Spatial, 2-nd edition. – ISO/IEC, 2002.
- OpenGIS Simple Features Specification For SQL. Revision 1.1. OpenGIS Project Document 99-049. – Open GIS Consortium. – May 5, 1999.
- OpenGIS Implementation Standard for Geographic information – Simple feature access – Part 1: Common architecture Revision 1.2.1. OpenGIS Project Document 06-103r4. – Open GIS Consortium. – May 5, 2011.
- OpenGIS Implementation Specification: Coordinate Transformation Services Revision 1.00. OpenGIS Project Document 01-009. – Open GIS Consortium. – January 12, 2001.

RESEARCH OF THE TRANSITION FROM CARTOMETRIC TO ANALYTICAL OPERATIONS

Karpinkyi¹ Y. *, Kin² D.

1*. Research Institute of Geodesy and Cartography Velika Vasylykivska Str. 69, Kyiv, Ukraine, 03150, E-mail: karp@gki.com.ua

2. Department of Geoinformation system and photogrammetry, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotsky Ave, 03037, Kyiv, Ukraine

The general research methodology is developed: determination of reference values of cartometric operations in MATLAB R2013b, conducting experiments in GIS environment, statistical analysis of the obtained results.

Mathematical justification of rigorous computer methods of calculation areas of geospatial objects has been formed. The development of a special function for calculation an area will solve a number of problems: taking into account corrections for the reduction from the cartographic projection to the ellipsoid, work in any GIS environment; the use of rigorous analytical methods on the reference ellipsoid, which will be a prerequisite for the transition to analytical operations with geospatial data, regardless of the coordinate systems, scale and other factors. This function allows you to calculate the area of a geospatial object by the Simpson method, taking into account its reduction to a reference ellipsoid by ORDBMS PostgreSQL 9.5.

Keywords: cartometric operations, reference-ellipsoid, cartographic projection, analytical methods, area, length, geoinformation system, calculate the surface integral by the Simpson's rules.

УДК 528.06

ВІРТУАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ З НАВЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЯМ ДІГІТАЛІЗАЦІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СВІТУ VIRSCAN3D

Горковчук Ю.^{1*}, Горковчук Д.^{2*}
Нестеренко О.

1*. Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Київський національний університет будівництва
та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, Київ-37,
Україна, 03037, E-mail: kravchenko.iuv@knuba.edu.ua

2*. Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Київський національний університет будівництва та
архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, Київ-37, Україна,
03037, E-mail: d.gorkovchuk@gmail.com

Використання високоточних лазерних сканерів та подальша обробка даних сьогодні вже є важливим навиком професійної діяльності широкого кола фахівців, зокрема архітекторів, будівельників, проектувальників, геодезистів, землевпорядників [Маліцький А., 2014]. Віртуальний симулятор наземного лазерного сканування VirScan3D – навчальний інструмент для студентів-геоматиків та інженерів будь якого рівня за відсутності реального вимірювального приладу. Віртуальний сканер імітує сучасні інструменти з реалістичними інтерфейсами користувача та створює хмари точок відповідно до індивідуальних специфікацій та налаштувань. В якості навчальних об'єктів може використовуватися будь-яка цифрова 3D-модель, яка віртуально сканується у цифровому середовищі. За допомогою VirScan3D викладачі та студенти зможуть навчитися керувати такими системами, генерувати реалістичні великі дані та виконувати повний ланцюжок обробки даних.

Ключові слова – наземне лазерне сканування; хмара точок, моделювання, BIM, симуляція, віртуальна реалістичність, діджиталізація, навчання.

Вступ

Оскільки діджиталізація є однією з найважливіших світових тенденцій, навчальні інженерні програми, такі як геоінформаційні науки, фотограмметрія, геодезія, повинні відповідати сучасним потребам професійного ринку та галузі [Жерновникова, 2018]. Практикуючі фахівці також потребують відповідних інструментів і засобів підвищення кваліфікації для забезпечення реальної можливості вчасно адаптуватися до нових методів та технологій. Застосування високошвидкісного обладнання, такого як, наприклад, мобільні скануючі системи, для цілей навчання не є економічно доцільним. Але лише можливість здобути навички роботи з новітніми інструментами для фахівців всіх рівнів зумовить широке впровадження технології в виробничий процес.

Формати віртуальної реальності (Virtual reality, VR) в освіті можуть бути різними, однак їх переваги перед очним навчанням очевидні. Надання знань за допомогою віртуальної і доповненої реальності в першу чергу обумовлено залученням або втягненням в предметне середовище, а, отже, є удосконаленням освітнього процесу. За даними досліджень компанії VRAR lab, понад 90% студентів успішно засвоюють подібний матеріал, що забезпечує високу ефективність застосування віртуальної і доповненої реальності в освіті [Thakral S, 2010].

Метою роботи є висвітлення концепції та перших результатів розроблення симулятора наземного лазерного сканування.

Виклад основного матеріалу

Віртуальна система VirScan3D дозволяє користувачам відтворювати послідовність дій на етапі польових робіт та створювати реалістичні дані за відсутності реального вимірювального приладу. На основі заданих специфікацій сканування, а саме типу сканера та точок позиціонування приладу у віртуальному середовищі моделюється хмара точок як результат обчислення перетину кожного лазерного променя з об'єктом, включаючи оклюзії та шум (див. рис. 1). Процес віртуального сканування є інтерактивним, тобто користувач має змогу не тільки встановити вихідні параметри (тип 3D-сканера, його налаштування, позиції приладу), а й аналізувати результати, наприклад, перевірити щільність хмари точок та покриття поверхні відсканованого об'єкта.

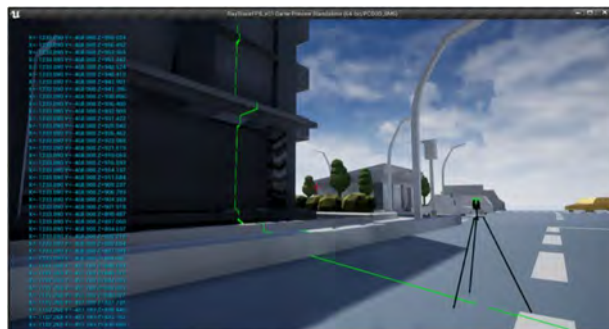


Рис. 1. Прототип системи моделювання віртуального сканера

Технічне розгортання віртуального середовища викладено на рисунку 2. Віртуальний сканер реалізований у вигляді графічного інтерфейсу користувача, в якому відображається трьохвірна модель довільного об'єкта (наприклад, будівлі) та панель приладів, що відповідає панелі управління реального лазерного сканера. Віртуальний сканер програмується за допомогою ігро-

вого середовища Unreal Engine. Процес оброблення будь якої хмари точок потребує реєстрації (геопосилання), подальшої генерації результатів знімання з різних станцій та моделювання на більш високому рівні – створення трьохмірних та/або BIM моделей, архітектурних креслень, ортофото, цифрових моделей рельєфу або карт, тощо.

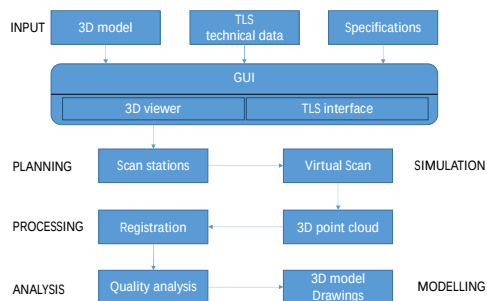


Рис. 2. Технічне рішення віртуального середовища VirScan3D

В якості навчальних об'єктів можуть використовуватися високо деталізовані та точні моделі BIM, які представляють об'єкти реального світу.

Прототип симулятора поданий на рис. 1. Система генерує тривимірні координати точок перетину послідовно скануючого лазерного проміня та поверхні 3D-моделі з відображенням операції в режимі реального часу. Процес сканування подібний до реального, отже також включає вирішення задач щодо врахування певного шуму та перешкод, з якими стикаються на практиці.

Проект VirScan3D фінансується DAAD (Німецька служба академічного обміну) в рамках програми підтримки інтернаціоналізації українських вищих навчальних закладів «Німецько-українська вища навчальна співпраця».

Висновки

Сучасні технології в галузі інженерних знімань, такі як 3D-лазерне сканування, фотограмметрія, БПЛА, зумовлюють наявність навичків збирання, оброблення, аналізу та опрацювання значними масивами цифрових даних. Таке навчання потребує сучасної інфраструктури, оновлення обладнання (апаратного та програмного забезпечення) та безумовно чималих інвестицій. Крім того, розвиток технологій має цикл швидких змін приблизно п'ять років [Чухно та ін., 2010]. Запровадження технології віртуального навчання вирішує всі ці обмеження та підтримує парадигму інженерно-орієнтованого навчання.

Віртуальний сканер імітує комерційно доступні інструменти з реалістичними інтерфейсами користувача та створює хмари точок

відповідно до індивідуальних специфікацій та налаштувань. Таким чином, широке коло зацікавлених в новітніх методах інженерних знімань користувачів отримають можливість проходити навчання за віртуальними системами, які є економічно вигідними (фактично безкоштовними у відкритих середовищах), гнучкими та орієнтованими на майбутнє.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Жерновникова О. А. Діджиталізація в освіті // Психолого-педагогічні проблеми вищої і середньої освіти в умовах сучасних викликів: теорія і практика: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 10 квітня 2018 р.). Х., 2018. С. 88-90.
- Інституціонально-інформаційна економіка: підручник. Затверджено МОН / Чухно А.А., Юхименко П.І., Леоненко П.М. – К., 2010. – 687 с.
- Маліцький А., Лозинський В. Аналіз наземних лазерних 3d-сканерів та сфера їх застосування // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск I (27), 2014. С. 21-25
- Thakral S. Virtual Reality and M-Learning /S. Thakral, P. Manhas, C. Kumar // International Journal of Electronic Engineering Research. – 2010. – Vol. 2. – No. 5. – P. 659–661

VIRTUAL DIGITAL TECHNOLOGY TRAINING ENVIRONMENT VIRSCAN3D

Horkovchuk I.*, Gorkovchuk D.,^{2*} Nesterenko O.

1*. Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotsky Ave, 31, Kyiv-37, Ukraine, 03037, E-mail: kravchenko.iuv@knuba.edu.ua

2*. Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotsky Ave, 31, Kyiv-37, Ukraine, 03037, E-mail: d.gorkovchuk@gmail.com

Virtual simulator terrestrial laser scanning VirScan3D – learning tool for students and engineers Geomatics at any level in the absence of a real measuring device. The virtual scanner simulates state-of-the-art tools with realistic user interfaces and creates point clouds according to individual specifications and settings. With VirScan3D, teachers and students will be able to learn how to manage such systems, generate realistic big data and complete the entire data processing chain.

Keywords: terrestrial laser scanning; point cloud, modeling, BIM, simulation, virtual reality, digitalization, training.

УДК 528.94

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ БАЗОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТУРИСТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

Грицьків^{1*} Н., Яців² Х. *

1*. Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013,
E-mail: Nazar.Z.Hrytskiv@lpnu.ua

2*. Кафедра фотограмметрії та геоінформатики,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013, E-mail:
kyatsiv51@gmail.com

Метою досліджень є апробація технології створення базової карти для тематичного картографування туристичних об'єктів із застосуванням даних дистанційного зондування. В результаті опрацювання даних знімань з БПЛА та проведення польових обстежень отримано базову електронну ортофотокарту і атрибутивну базу даних з об'єктами туристичної інфраструктури курорту Східниця. Новизна досліджень полягає у використанні для картографування курорту Східниця даних знімань з БПЛА.

Ключові слова: тематичне картографування; туризм; ортофотозображення; Східниця.

Вступ

Туристичні карти з точки зору прийнятності їх застосування в туристичній галузі дають можливість фіксувати положення, стан та просторове розміщення туристичних об'єктів [Мельник А., 2009]. Складені у минулих роках туристичні карти часто не відображають реального стану природних комплексів та об'єктів, які впродовж невеликих часових відтинків зазнають значних змін. Тому підвищити якість та оновити інформаційний зміст карт допомагають сучасні технології з використанням даних дистанційного зондування, інтернет-ресурсів та можливостей сучасних геоінформаційних систем та мобільних ГІС [Мельник А.В., 2009; Прохир М., 2015, M.R.Malek, 2004; Turk U., Gumusay M., 2012].

Дані дослідження є доповненням і продовженням експериментальних робіт, які стосувались території курорту Східниця [Грицьків Н., 2009]. Цікавим у цьому плані є використання даних знімань з тактичних БПЛА [Корченко А.,

Ильяш О., 2012], які останніми роками широко впроваджують у різних галузях і призначенні для знімань невеликих територій, на яких і розташовані курортні міста.

Виклад основного матеріалу

В результаті швидкого розвитку туристичної галузі на територіях курортних міст, інфраструктура та топологія туристичних об'єктів зазнає суттєвих змін. Прикладом такої території є бальнеологічний курорт Східниця. На цю територію існують друковані картографічні дані з локалізацією туристичних об'єктів – це, як правило, карти-схеми, які не мають координатної прив'язки. В інтернет-мережі є відповідні електронні карти [<http://www.shidnitca.com/>; <https://maps.visicom.ua/>], що містять обмежену кількість тематичних даних, які не можуть в повному обсязі задовільнити потребу пересічного користувача-туриста у пошуку того чи іншого об'єкта. Тому завданням авторів є апробація запропонованої технологічної схеми створення базової карти в електронному вигляді, як основи для виготовлення повноцінної тематичної туристичної карти.

Загалом туристична карта бальнеологічного курорту Східниця має містити такі складові: ортофотозображення, умовні позначення, експлікацію умовних позначень, адреси туристичних об'єктів, характеристику мінеральних вод, відомості про історію та сучасність курорту. Збір та опрацювання цих даних є основою запропонованої технологічної схеми (рис.1).



Рис.1. Загальна технологічна схема створення базової карти для тематичного картографування

Аналіз наявних даних на територію курорту виконано шляхом огляду інтернет-джерел та друкованої продукції. Зокрема вдалось

отримати інформацію про близько 130 тематичних об'єктах (вид, назву, адресу). Для окремих об'єктів були вказані юридичні адреси, які не завжди співпадають з адресами місця розташування. На жодній з проаналізованих карт не було відображено всі об'єкти, лише 10-50% від загальної кількості. Навіть на тематичній ортофотокарті, створеній в 2009 році [Грицьків Н., 2009], на якій в той час було нанесено близько 90% тематичних об'єктів, в результаті аналізу космічних зображень виявлено суттєві зміни у інфраструктурі курорту – створені нові відпочинкові комплекси, покращена та розвинута дорожня мережа тощо.

Для повноцінного наповнення карти тематичними даними, складено проект вмісту карти. Зокрема, карта має містити графічну основу – це геоприв'язане ортофотозображення з нанесеними умовними позначеннями інфраструктури курорту та тематичними об'єктами: дорожньою мережею, будинками, установами державної влади, господарськими об'єктами, громадськими і культовими спорудами, пам'ятниками, джерелами і свердловинами, лікувально-оздоровчими комплексами і приватними садибами тощо. Описові дані тематичних об'єктів – це адреси, контактні номери телефонів, короткий опис перебування і оздоровлення в готельних комплексах та приватних садибах. Оскільки Східниця є бальнеологічним курортом, то обов'язковим є наявність інформації про характеристику мінеральних вод. Для загального ознайомлення відвідувача з місцем перебування доцільно розмістити інформацію про історію та сучасність курортного міста.

За наявними візуально-описовими даними (космічні зображення, старі карти-схеми, геопортали, сторінки інтернет мережі) не можливо повноцінно визначити сучасний стан геопросторового розташування об'єктів туристичного призначення. Тому, в процесі актуалізації даних, проведено польові обстеження, в результаті яких виявлено 11 нових об'єктів, уточнені їх адреси та адреси вже відомих локацій, усунуто інформацію про об'єкти які перестали існувати. Також впродовж 2014-2018 років на території Східниці виконано аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів.

Для створення базової карти в якості ортофотозображення використано матеріали аерофотознімання, опрацьовані у програмі Pix4D. Зображення завантажені у середовище програми Digitals та доповнені даними космічного знімання, для отримання неперервного зображення на межі курорту.

Використовуючи ортофотозображення як растрову основу для карти, у програмі Digitals нанесено векторні дані – мережу вулиць, об'єкти гідрографії, будинки. Оскільки рельєф місцевості за останнє десятиліття не змінився, то висотну складову карти взято з карти, створеної у 2009 році.

Створивши відповідні тематичні шари, базову карту доповнено тематичною інформацією. В залежності від виду тематичного об'єкту, зображенням будинків надано відповідний відтінок, а в базу даних внесено атрибутивні дані кожного з об'єктів (рис.2)

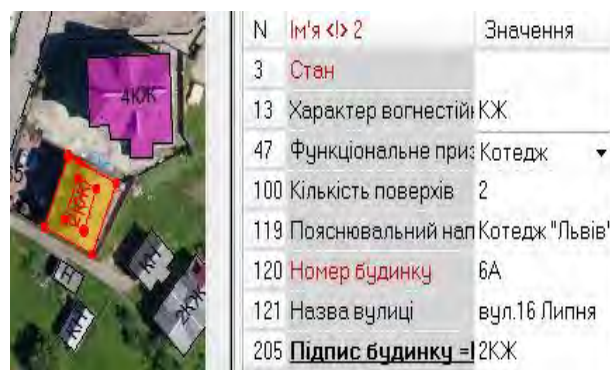


Рис.2. Фрагмент базової карти з атрибутивною інформацією тематичного об'єкту

Отримана базова карта в подальшому буде використана, як основа для повноцінної тематичної карти з відповідними тематичними умовними позначеннями і атрибутивним навантаженням, вказаним у проекті.

Висновки

Запропонована технологічна схема створення базової карти для тематичного картографування дозволила отримати геопросторову основу для картографування об'єктів туристичної галузі. Актуальність такої карти забезпечується наявністю сучасних матеріалів аерофотознімання з БПЛА та проведенням комплексом

камерально-польових робіт на території курорту Східниця. В подальшому отриману карту планується доповнити матеріалами аерофотознімання за 2019 рік, інтегрувати у геоінформаційну систему, та використати як одну з складових буклету на паперовій основі про бальнеологічний курорт Східницю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Грицьків Н. Створення тематичної карти курорту Східниця з використанням базових картографічних матеріалів. Геодезія, картографія і аерофотознімання – Український міжвідомчий науково-технічний збірник №71. – Львів: НУ «ЛП» – 2009 р.
- Корченко А.Г., Ильяш О.С. Обобщённая классификация беспилотных летательных аппаратов. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2012, випуск 4(33). с.27-36.
- Мельник А.В. Впровадження та вдосконалення геоінформаційних технологій у туристичній діяльності. Науковий вісник УжНУ. – 2009 – Серія «Економіка». – Випуск 28. – с.43-44.
- Прохира М.М. Структурні особливості закладів розміщення курорту Східниця. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку туризму». – Миколаїв: ВП «МФ КНУКІМ», 2015 – с.92-95, с. 145.
- Malek M.R. Using smart map in a mobile information environment for tourism. M.R.Malek, N.Samany, S.Aliabady, L.Hajibabai,

M.Kashyha National Cartographic center, Tegrans, Iran. – 2004. – p.3-5.

Turk U., Gumusay M.U. GIS design and application for tourism. U.Turk, M.U.Gumusay Yildiz. Technical University (YTU), Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering, – Besiktas, Istanbul, Turkey.- 2012.- p.212-216.

<http://www.shidnitca.com/>

<https://maps.visicom.ua/>

RESEARCH TECHNOLOGIES OF CREATION OF BASIC MAPPING MATERIALS FOR THE TOURIST INDUSTRY

Hrytskiv^{1*} N., Yatsiv^{2*} Kh.

^{1*}Department of Photogrammetry and Geoinformatic, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery street 12, Lviv, Ukraine; E-mail: Nazar.Z.Hrytskiv@lpnu.ua

^{2*}Department of Photogrammetry and Geoinformatic, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery street 12, Lviv, Ukraine; E-mail: kyatsiv51@gmail.com

The purpose of the research is to test the technology of creating a base map for thematic mapping of tourist sites with the use of remote sensing data. As a result of data processing of UAV images and field surveys, we obtained a basic electronic orthophoto map and an attribute database with the tourist infrastructure of Skhidnytsia. The newness of the research is to use UAV imagery data to map the resort of Skhidnytsia.

Keywords: thematic mapping; tourism; orthophoto; Skidnytsia.

УДК 528:489

СТВОРЕННЯ (ОНОВЛЕННЯ) ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ ОСНОВНОЇ ДЕРЖАВНОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ

Карпінський¹ Ю. *,
Лазоренко-Гевель² Н.

1*. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії,
вул. Велика Васильківська 69, Київ, Україна, 03150,
E-mail: karp@gki.com.ua

2. Кафедра геоінформатики і фотограмметрії,
Київський національний університет будівництва
і архітектури, Повітрофлотський проспект, Київ, Україна,
03037, E-mail: nadiialg@gmail.com

Наведено основні етапи створення (оновлення) існуючих цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 для території України з метою створення і ведення Базы топографічних даних загальнодержавного призначення, яка розміщується на Геопорталі для забезпечення актуальності єдиної цифрової топографічної основи шляхом ведення топографічного моніторингу місцевості та для розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних в Україні.

Ключові слова – Основна державна топографічна карта, база топографічних даних, геопортал, єдина цифрова топографічна основа, Національна інфраструктура геопросторових даних в Україні.

Вступ

Прийняття закону України “Про внесення змін до Закону України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” 11 лютого 2010 року та Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування, який було затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 661 від 4 вересня 2013 року (далі Постанова КМУ № 661) зумовило підвищення статусу топографічних та тематичних карт до рівня державних, а роботи з їх створення (оновлення) почали відноситися до загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Відповідно до Постанови КМУ № 661 загальнодержавне топографічне картографування здійснюється в масштабах: 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 і 1:1000 000, а топографічні карти таких масштабів є державними. Державною топографічною картою є цілісний картографічний твір багаточислового призначення, що уніфікований за математичною основою, змістом, оформленням і зображенням геопросторових об’єктів.

Дослідження пов’язано з виконанням українсько-норвезького проекту «Карти для сприяння належному управлінню землями в Україні», який розпочався після підписання Угоди між Кабінетом Міністрів України та Урядом Королівства Норвегія про технічне та фінансове співробітництво від 18.10.2016 року та Угоди для реалізації проекту, що укладена між Державною службою України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр) і Картографічною службою Королівства Норвегія (SK) від 28.02.2018 року.

Саме в рамках українсько-норвезького проекту заплановано створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 для формування Основної державної топографічної карти, як сукупності взаємопов’язаних структурованих геопросторових даних в базі топографічних даних та розміщення Основної державної топографічної карти на Геопорталі для забезпечення актуальності єдиної цифрової топографічної основи шляхом ведення топографічного моніторингу місцевості та для розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних в Україні.

Структурно топографічне картографування в інфраструктурі геопросторових даних можна подати у вигляді динамічної моделі, яка складається з місцевості, що моделюється; множини топографічної інформації, яка отримується внаслідок топографо-геодезичних і картографічних робіт за допомогою методів збирання геопросторових даних; бази топографічних даних та множини цифрових топографічних карт, які формуються в процесі виконання запитів до бази топографічних даних. При цьому модель враховує зміни на місцевості, ці зміни місцевості вносяться під час оновлення множини топографічної інформації, далі відбувається процес оновлення бази топографічних даних і відповідно виникає можливість оновлення множини цифрових топографічних карт [4].

Метою статті є опис основних етапів створення (оновлення) існуючих цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 для території України.

Створення Основної державної топографічної карти передбачає виконання таких етапів робіт:

1. Збирання вихідних картографічних матеріалів;
2. Створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000;
3. Створення Базы топографічних даних;
4. Створення Геопорталу Основної державної топографічної карти.

Призначення топографічної карти М 1:50 000

Основна державна топографічна карта масштабу 1:50 000 з уніфікованим змістом як база топографічних даних загальнодержавного призначення, яка розміщується на Геопорталі є основою для створення базових і профільних наборів геопросторових даних, геоінформаційних систем, WEB-порталів, ГІС-застосунків, спеціальних, тематичних та інших карт і планів. Ця карта є підосновою для ведення і розвитку всіх видів державних галузевих кадастрів: земельного, містобудівного, водного, лісового, родовищ і проявів корисних копалин, природних лікувальних ресурсів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду, природних територій курортів, кадастрів тваринного світу та рослинного світу, державного кадастру мисливських тварин, що перебувають на території України, сховищ радіоактивних відходів, водних біоресурсів та рибогосподарських водних об'єктів та національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів. Тобто Основна державна топографічна карта масштабу 1:50 000 стане підосновою для: Публічної кадастрової карти України, Довідника адміністративно-територіального устрою, Державної геодезичної мережі України, Генеральної схеми планування території України, Схеми планування окремих частин території України, Схеми планування території Автономної Республіки Крим, області, групи районів, результатів моніторингу стану розроблення генеральних планів населених пунктів, планів зонування територій (зонінгів) та детальних планів на підставі даних інформаційних систем містобудівного кадастру регіонального рівня, інформаційних ресурсів галузевих кадастрів та інформаційних систем з питань використання територій, екологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, гідрогеологічного та іншого районування території країни на підставі даних, що надійшли з відповідних галузевих кадастрів та інформаційних систем, Чергової довідкової топографічної карти України масштабу 1:100 000, Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000, Карт автомобільних доріг України загального користування (міжнародні, національні, регіональні та територіальні дороги) Державного агентства автомобільних доріг України, Карт залізниць України Акціонерно товариства «Українська залізниця», Карт мереж магістральних і розподілених газопроводів, Карт магістральних нафтопроводів; Карт для визначення зон радіочастот Укрчастотнагляду тощо.

Основні етапи створення (оновлення) цифрових топографічних карт

Створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 складається з таких основних етапів:

1. Збирання вихідних даних і матеріалів. Вихідними даними і матеріалами є:

1) Існуючі цифрові топографічні карти масштабу 1:50 000. Останнє оновлення існуючих цифрових топографічних карт на територію України було виконано в період 2002-2004 рр. за наявними картографічними матеріалами та даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) супутникової знімальної системи IRS (роздільна здатність зображень складає 5,9 м).

2) Ортофотоплани PlanetScope в форматі GeoTIFF із роздільною здатністю 2.6 – 3.1 м., стан місцевості – 2017 рік.

3) Растрові моделі тиражних відбитків топографічних карт масштабу 1:50 000 в форматі GeoTIFF, які створено в період з 1975 по 2002 роки.

4) Растрові моделі тиражних відбитків топографічних карт масштабу 1:10 000 в форматі GeoTIFF, які повністю покривають територію України, створено в системах координат СК-63 та СК-42 в період з 1950 по 1990 рр.

5) Ортофотоплани масштабу 1:10 000 із роздільною здатністю 1,0 м в форматі GeoTIFF, які створено на основі матеріалів аерофотозйомки території України в період з 2006 по 2012 роки в рамках проекту Світового банку «Видача державних актів на право власності на землю в сільській місцевості та розвиток системи кадастру».

6) Бібліотека умовних знаків для середовища ArcGIS.

7) Еталонна модель цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 у форматі *.gdb ArcGIS, яку було створено ДП «НДІГК».

8) Інструмент «Validate» для контролю якості оновленої цифрової топографічної карти в середовищі ArcGIS, розроблений ДП «НДІГК».

9) Додаткові та довідкові вихідні дані та матеріали.

2. Підготовка вихідних, довідкових і додаткових даних і матеріалів передбачає: фільтрування (вилучення) топографічних об'єктів вихідної існуючої цифрової топографічної карти, які не підлягають оновленню; трансформування цих даних до Державної геодезичної системи координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в прийнятій розграфці топографічних карт в масштабі 1:50 000 із застосуванням трансфор-

маційного поля для переходу від системи координат СК-42 до УСК-2000 відповідно до розробленої в ДП «НДІГК» Методики.

3. Розроблення Редакційно-технічних вказівок Створення бази топографічних даних «ОСНОВНА ДЕРЖАВНА ТОПОГРАФІЧНА КАРТА» Створення (оновлення) цифрових топографічних карт (РТВ) та Класифікатора картографічних даних на територію України за складом топографічної карти масштабу 1:50 000 з уніфікованим змістом (Класифікатор);

4. Створення еталонної моделі цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000. Еталонна модель оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 складається з 4 аркушів: М-36-51-А, М-36-51-Б, М-36-51-В, М-36-51-Г, зведених по суміжних рамках. Її створенню відповідно до РТВ [3].

5. Створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000. Цифрові топографічні карти створюються (оновлюються) відповідно до нормативних документів [1, 2, 5, 6] та РТВ в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в прийнятій державній розграфці топографічних карт в масштабі 1:50 000. Система висот — Балтійська 1977 року.

Оновленню підлягають такі сегменти цифрової топографічної карти:

- 1) Математичні елементи, елементи планової і висотної основи;
- 2) Рельєф суші;
- 3) Гідрографія і гідротехнічні споруди;
- 4) Населені пункти;
- 5) Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти;
- 6) Дорожня мережа і дорожні споруди;
- 7) Рослинний покрив та ґрунти;
- 8) Політико-адміністративний устрій, огорожі і окремі природні явища та об'єкти.

Всі роботи щодо створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 виконують методом векторизації. Векторизація топографічних об'єктів виконується відповідно до РТВ і Класифікатора, дотримуючись передбачених в середовищі ArcGIS 33 правил топологічних відношень між класами просторових об'єктів цифрової топографічної карти, що оновлюється. Допустимі відхилення планового положення об'єктів та контурів місцевості відносно їх растрового зображення (ортофотоплану масштабу 1:10 000) становить: для чітких контурів (дороги, вулиці, канали) — 3 м, польових доріг — 5 м.

Для кожного аркуша цифрової топографічної карти заповнюється файл метаданих в редакторі метаданих ArcGIS відповідно до стандарту ISO 19139 «Географічна інформація. Метадані. Реалізація XML-схеми», який використовується в цьому програмному забезпеченні.

Перевірку за правилами топологічних відношень між класами просторових об'єктів оновлюваної цифрової топографічної карти виконують за допомогою інструменту «Validate», який розроблено мовою візуального моделювання Model Builder в програмному середовищі ArcGIS для перевірки логічної узгодженості, наявності та наповненості метаданих.

Редакційні роботи проводяться на всіх етапах оновлення карт, починаючи з підготовчих робіт і закінчуючи редагуванням виправленого оригіналу.

Виконується зведення аркушів оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 по всіх рамках із суміжними оновленими аркушами карт.

6. Проведення випробувань оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 із застосуванням програмних засобів ArcGIS 10.5 і за допомогою програмного комплексу validation_tool_v1.tbx, розробленого ДП «НДІГК».

Контроль якості створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 та ортофотопланів, виготовлених на основі супутникових знімків PlanetScope здійснюється відповідно до: ДСТУ 2853-94 Підготовки і проведення випробувань; ДСТУ 2851-94 Документування результатів випробування; Еталонної моделі цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000.

Контроль якості оновленої цифрової топографічної карти проводиться за всіма елементами змісту і оформлення, з метою перевірки забезпечення однотипності кодування і подання однотипних об'єктів, зведення між суміжними аркушами.

Контроль якості оновленої цифрової топографічної карти складається з таких етапів: перевірка комплектності матеріалів, перевірка найменування файлів, перевірка елементів якості топографічних даних та якості метаданих.

До основних елементів якості топографічних даних та якості метаданих належать: повнота даних, логічна узгодженість, якість метаданих, точність планового положення топографічних об'єктів. Логічна узгодженість Логічна узгодженість топографічних даних оцінюється за показниками:

- концептуальна узгодженість — відповідність правилам концептуальної схеми та струк-

турі й відношенням відповідно до правил описаних в РТВ;

- доменна узгодженість – відповідність значень атрибутів області допустимих значень, узгодженість за форматом – ступінь відповідності накопичених даних фізичній структурі набору даних;

- топологічна узгодженість – коректність подання закодованих топологічних характеристик геометричних об'єктів набору даних. Топологічна узгодженість визначається як для геометричних моделей топографічних об'єктів одного типу, так і для геометричних моделей топографічних об'єктів різних типів.

В результаті виконання контролю якості створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 складається Протокол випробувань оновленої цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000.

Висновки

Створені (оновлені) цифрові топографічні карти окремими зведеними аркушами карт масштабу 1: 50 000 в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в прийнятій державній розграфці топографічних карт в масштабі 1:50 000 будуть використовуватися для:

- формування Основної державної топографічної карти, як сукупності взаємопов'язаних структурованих геопросторових даних в базі топографічних даних та розміщення її на Геопорталі Основної державної топографічної карти для забезпечення актуальності єдиної цифрової топографічної основи шляхом ведення топографічного моніторингу місцевості та для розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних в Україні;

- підготовки цифрових топографічних карт до видання та введення в Базу даних картографічної інформації у середовищі геоінформаційної системи ArcGIS у військових частинах Центрального управління військово-топографічне та навігації Збройних Сил України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Закон України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” від 23 грудня 1998 року № 353-XIV.

Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування” від 4 вересня 2013 р. № 661.

Створення бази топографічних даних Створення основної державної топографічної карти Редакційно-технічні вказівки Створення (оновлення) й цифрових топографічних карт. – Київ. – 2019. – ДП «НДІГК». Схвалено Вченою радою ДП «НДІГК» протокол №6 від 10 грудня 2019 року.

Карпінський Ю.О. Архітектура державної топографічної карти / Ю.О. Карпінський, Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Всеукраїнська науково-практична конференція «Картографічне моделювання та географічні інформаційні системи» (3–5 жовтня 2019 року). – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2019.–С. 11–14.

Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000 (Затверджений начальником Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України в 1998 р. і погоджений з начальником Центрального топографічного управління Генерального штабу Збройних сил України).

Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000 (Затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України №156 від 31.12.1999 р. і погоджені з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України).

CREATION (UPDATING) DIGITAL TOPOGRAPHIC MAPS OF THE MAIN STATE TOPOGRAPHIC MAP

Karpinkyi¹ Y. *, Lazorenko-Hevel² N.

1*. Research Institute of Geodesy and Cartography Velika Vasylkivska Str. 69, Kyiv, Ukraine, 03150, E-mail: karp@gki.com.ua

2. Department of Geoinformation system and photogrammetry, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotsky Ave, 03037, Kyiv, Ukraine, E-mail: nadiialg@gmail.com

The basic stages of creation (updating) of existing digital topographic maps of scale 1:50 000 for the territory of Ukraine are proposed for creation and maintenance of the Topographic Data Database of the national destination, which is placed by the Geoportal for providing a single digital topographic base by conducting topographic monitoring of the terrain and for the development of the National Data Infrastructure in Ukraine.

Keywords – Main State Topographic Map, Topographic Database, Geoportal, Single Digital Topographic Base, National Geospatial Data Infrastructure in Ukraine.

УДК 624.131

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОТЕХНІВЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНІ БУДІВНИЦТВА

Чумакевич¹ В. *, Пташник² В. *,
Чумакевич³ В. *

1*. Кафедра інженерної геодезії, Національний
університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12,
Львів, Україна, 79013, E-mail:
chumakevich1970@gmail.com

2*. Кафедра інформаційних систем і технологій,
Львівський національний аграрний університет
вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський район
Львівська область, 80381, E-mail:
ptashnykproject@gmail.com

3*. Факультет прикладної математики та інформатики,
вул. Університетська 1, м. Львів, Україна, 79000, E-mail:
victoriachu21@gmail.com

Пропонується дослідження спільної роботи
основи та споруди для випадку зміни розраху-
нкового навантаження та порівняння результатів для
різних моделей спільної роботи основи та споруди.
Результати моделювання за різними моделями бу-
дуть порівняні з розрахунковими значеннями відпо-
відно до «Єврокод 7. Геотехнічне проектування».

Ключові слова – основа, споруда, спільна
робота, модель, геотехнічна ситуація.

Вступ

Геотехнічний супровід будівельних робіт є
важливою складовою у виборі технічних рішень
проектів. Він є важливою складовою і на етапі
інвестиційної оцінки та проектування об'єктів
будівництва, і на етапах будівництва та експлуа-
тації об'єктів. Процес дослідження повинен
рухатись від аналізу до синтезу, від особливостей
проектування у конкретних ситуаціях до узагаль-
нення матеріалу попередніх проектів. Дослід
зведення складних будівельних об'єктів показав,
що вірність геотехнічних рішень, які закладені на
етапі попередніх досліджень та проектування має
значний вплив на експлуатацію об'єкта в цілому
протягом всього життєвого циклу.

Постановка проблеми та мета роботи

Останнім часом почастишали випадки про-
садки та руйнування будинків не лише в Україні,
але й в усьому світі. Серед причин таких подій
вирізняють і зміни в кліматичних умовах
місцевостей, які неминуче призводять до змін
геотехнічної обстановки. Наприклад збільшення
опадів або зниження середніх температур в ре-
гіоні приводить до зменшення несучих власти-

востей основ. Треба відмітити, що господарська
діяльність людей неминуче приводить до зміни
геотехнічної ситуації.

Багаторічні дослідження вказують на ряд
особливостей у зміні властивостей ґрунтів під
навантаженням – змінюється загальна геотех-
нічна обстановка в районі споруди. Наприклад, в
процесі експлуатації будівель щільність ґрунтів
збільшується:

в основі будівлі до із середнім тиском
0,05–0,3 МПа до 15 %;

в основі будівлі до із тиском понад 0,3 МПа
до 25 %;

вшир, навколо будівлі на відстань до двох
глибин закладання фундаменту.

Важливою обставиною є спостереження
про зміну вологості ґрунтів до 13 %. Нажаль
дослідити зв'язок між зміною щільності та
вологості ґрунтів в процесі експлуатації споруд
поки не вдалось. Законодавчі ініціативи України
щодо інтеграції в європейський інформаційний
простір привели до впровадження низки буді-
вельних стандартів Євросоюзу «Єврокод», а
особливої уваги заслуговує впровадження «Євро-
код 7. Геотехнічне проектування». Також сьогод-
ні існує багато добре апробованих моделей
спільної роботи основ і споруд (Вінклера,
Вінклера-Фусса, Пастернака, Савінова, Ройтмана,
Сотнікова тощо), які мають значно складніші
залежності, але через складність аналітичних
виразів і необхідність наявності емпіричних
коефіцієнтів не завжди можливі в реалізації.

Таким чином постає необхідність визначен-
ня доцільності застосування моделей різної склад-
ності при аналізі поведінки системи основа – спо-
руда для мінімізації руйнування будівель в процесі
експлуатації та інших негативних наслідків.

Методика та результати досліджень

При будівництві і реконструкції в се-
редовищі щільної міської забудови до факторів
ризиків відносять:

- зміна статичних умов роботи основ існуючої
забудови, які обумовлені навантаженням або
розвантаженням ґрунтового масиву і є резуль-
татом реалізації проекту складають постійний
статичний вплив;

- зміна гідрогеологічних умов на території
навколо об'єкта, що є результатом реалізації
проекту складають постійний гідрогеологічний
вплив;

- виникнення додаткових експлуатаційних
впливів на основу при зведенні об'єкту складають
постійні технологічні впливи;

- зміна статичних умов роботи основ існуючої забудови в період виконання робіт нульового циклу – тимчасові статичні впливи;

- зміна гідрогеологічних умов на території навколо об'єкта під час виконання робіт нульового циклу (водозниження, локальне обводнення масиву) утворюють тимчасовий гідрогеологічний вплив;

- виникнення додаткових технологічних навантажень на підставу в період зведення об'єкта (ударні і вібраційні навантаження від занурення паль, шпунта; статичні навантаження внаслідок занурення паль і шпунта втискуванням; зміна статичних умов роботи масиву при переборі ґрунту при виготовленні бурових паль, втрати стійкості виробок, влаштованих під захистом тиксотропного розчину; при мікротонелювання і проходці тунелів метро; навантаження, пов'язані з ін'єкція, заморожуванням ґрунту тощо) утворюють тимчасові технологічні впливи.

Моделювання геотехнічної ситуації повинно надавати можливість обліку спільної роботи наземної частини споруди з ґрунтовим масивом та утворювати спільну кінцево-елементну модель (рис. 1).

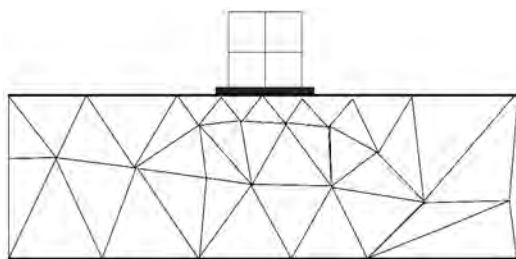


Рис. 1. Приклад моделювання роботи кінцево-елементної спільної моделі роботи основи та споруди

У ній ґрунт може бути описаний плоскими або об'ємними кінцевими елементами. Такий підхід до вирішення завдання є найбільш загальним, а результат її рішення є найбільш близьким до дійсності. При цьому повинно бути взято до уваги, що ґрунтовий масив є нелінійно-деформованою середовищем, що складається з шарів з різними властивостями. Слід врахувати і той факт, що розміри прийнятого в розрахунок ґрунтового масиву повинні бути такими, щоб характер граничних умов по області, яка обмежує цей масив, не чинив істотного впливу на напружено-деформований стан всієї моделі. Необхідність обліку зазначених чинників призводить до суттєвого зростання обсягу обчислень, який може виявитися на грані можливостей навіть у сучасних комп'ютерів. Великий розмір завдання і

її нелінійність багаторазово збільшують і час її вирішення.

У зв'язку з цим все ще залишаються актуальними розрахункові моделі ґрунтової основи, що забезпечують коректну зв'язок методів механіки ґрунтів з методами будівельної механіки і дозволяють при розрахунках конструкцій замінити великий ґрунтовий масив обмеженим числом параметрів, що відображають його властивості. Можливість такої заміни надає модель лінійно пружного півпростору [78], яка застосовується при обчисленні осідань основи, а також моделі підстави, запропоновані Вінклером-Фуссом і Пастернаком.

У моделі Вінклера-Фусса розподільні властивості ґрунту описуються за допомогою коефіцієнта ліжку C_1 , який відображає роботу ґрунту на стиск і пов'язує вертикальний відсіч ґрунту з осадкою основи під підшоною фундаментом.

Модель Пастернака ґрунтується на двох незалежних коефіцієнтах ліжку, один з яких є коефіцієнтом стиснення C_1 (аналог коефіцієнта ліжку Вінклера), а інший – коефіцієнтом зсуву C_2 , який пов'язує інтенсивність вертикального зсуву, що виникає внаслідок внутрішнього тертя між частинками ґрунту, з осадкою ґрунту під підшоною фундаментом.

Пропонується перевірити різні моделі поведінки системи основа-споруда при збільшенні розрахункового навантаження, які можуть бути проілюстровані рис. 2.

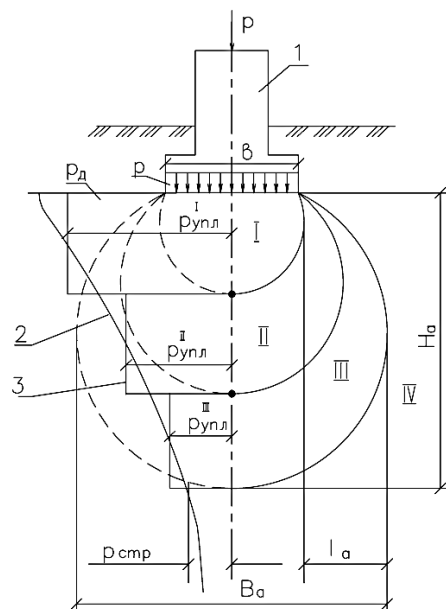


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення осадки основи при збільшенні навантаження:

1 – фундамент; 2 – теоретична епіюра ущільнюючого тиску; I, II, III – об'єми ґрунту, які мають різне ущільнення; IV – область основи з ґрунту природного складу

Висновки

У реальному проектуванні основна увага приділяється впливам, які об'єднують постійно діючі статичні і гідрогеологічні чинники. Розгляд часових факторів у багатьох випадках переноситься на стадію розробки проекту виконання робіт, який часто виконується силами підрядної організації без залучення фахівців-геотехніки і тому виявляється занадто формальним і неповним. Наявність різноманітних методик дослідження спільної поведінки основ та споруд – Вінклера, Вінклера-Фусса, Пастернака, Савінова, Ройтмана, Сотнікова тощо, дозволяють врахувати більше чинників, але потребують перевірки на відповідність методикам, які викладені в «Єврокод 7. Геотехнічне проектування» та затверджені в Євросоюзі. Тож такі порівняння досліджень за методиками, які викладені в Єврокод 7 та іншими методиками є актуальним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бабич Є.М., Крусь Ю.О. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. – Рівне: Видавництво Рівненського ДТУ, 2001. – 367 с.
- Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручник / М. Л. Зоценко та ін. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
- Корнієнко М. В. Основи і фундаменти: навчальний посібник. К.: КНУБА. 2012. – 164 с.
- Лучковский И. Я. Взаимодействие конструкций с основанием. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 264 с.
- Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. Практическое пособие по про-

ектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки. – СПб: «Стройиздат Северо-Запад», Группа компаний «Геореконструкция», 2010. – 560 с.

Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике. Путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. – СПб: Группа компаний «Геореконструкция», 2010. – 220 с.

FEATURES OF THE GEOTECHNICAL SURVEY IN THE CONSTRUCTION AREA

**Chumakevych¹ V. *, Ptashnyk² V. *,
Chumakevych^{3*} V.**

1*. Department of Engineering Geodesy, Lviv Polytechnic National University, Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, E-mail: chumakevich1970@gmail.com

2*. Department of Information Systems and Technologies, L'viv national agrarian university, str. V. the Great, 1, Dubliany town, Zhovkva district Lviv region, 80381 E-mail: ptashnykproject@gmail.com

3*. Faculty of Applied Mathematics and Informatics, Ivan Franko National University of Lviv, Universytetska str., 1, Lviv, Ukraine, 79000 E-mail: victoriachu21@gmail.com

It is proposed to study the joint work of the foundation and structure in case of change in the design load and compare the results for different models of joint work of the foundation and structure. The results of simulation on equal models will be compared with the calculated values according to Eurocode 7. Geotechnical design.

Keywords – foundation, construction, teamwork, model, geotechnical situation.

УДК 332.3

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ СУЧАСНИХ МЕЖОВИХ ЗНАКІВ ДРУГОГО ТА ТРЕТЬОГО ВИДІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Тревого¹ І., Ільків² Є., Галярник² М.,
Семків² Б.

1*. Кафедра геодезії, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

2*. Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна, e-mail: evgen_ilkiv@ukr.net

Метою роботи є розроблення пропозицій щодо конструкцій межових знаків та способів їх закріплення замовникам та виконавцям проектів землеустрою для прийняття рішень при самостійному виготовленні межових знаків. Самостійно виготовлені межові знаки належать до другого та третього видів відповідно до класифікації, яка наведена в «Інструкція про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками». **Методика.** Для розроблення пропозицій був використаний метод морфологічного аналізу, який дозволяє врахувати різноманітні фактори при самостійному виготовленні межових знаків та їх закріплення на місцевості. Розроблення пропозицій складається з визначення всіх характеристик, властивостей та параметрів функціонування межових знаків з метою створення морфологічної скрині з подальшим перебором усіх одержаних варіантів конструкцій межових знаків та їх способів закріплення. **Результатом роботи** є створення набору варіантів для самостійного виготовлення межових знаків для закріплення меж земельної ділянки в натурі (на місцевості). **Наукова новизна та практична значущість.** У роботі уперше запропонований метод морфологічного аналізу видів межових знаків. Виконані теоретичні дослідження дозволять удосконалити, упорядкувати та оптимізувати технологію самостійного виготовлення межових знаків, а також зменшити час на виконання проектів землеустрою.

Ключові слова: проекти землеустрою, межові знаки, морфологічний аналіз.

Вступ

Різнорманітність фізико-географічних умов закріплення (закладання) межових знаків у натурі (на місцевості) і, відповідно, невирішена проблема конструкцій межових знаків, які пов'язані з проведенням земельної реформи та змінами в територіально-адміністративному устрою, відсутністю узагальнюючих рекомендацій у технічній

документації із землеустрою щодо самостійного виготовлення межових знаків спонукає до генерації ідей та нових пропозицій щодо конструкцій межових знаків другого та третього видів. Вибір конструкцій межових знаків, які можна самостійно виготовляти виконавцям робіт із встановлення (відновлення) меж земельної ділянки в натурі (на місцевості), частково наведений в «Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками». У даному документі не представлена та не врахована можливість більш широкого вибору конструкцій знаків. Пропозиції виготовлення межових знаків, які представлені на сучасному ринку виготовлення межових знаків та геодезичних пунктів [Berntsen International Inc. Katalog GK8, 2020], призводять до подорожчання відповідних проектів землеустрою і не враховують особливості різноманіття умов закріплення меж на місцевості. Тому актуальною науково-технічною та практичною проблемою на сучасному етапі становлення землеустрою є пошук більш ефективних нових видів межових знаків.

Мета

Розроблення методики створення і вибору нових видів межових знаків, які б враховували всі аспекти їх закріплення в ґрунті, на основі проведення морфологічного аналізу. Побудувати морфологічну скриню та заповнити її можливими варіантами видів межових знаків з метою вироблення рекомендацій виконавцям щодо вибору оптимального виду межових знаків для території, де виконують роботи із землеустрою.

Методика

Аналіз пошуку нових евристичних методів пошуку технічних рішень показав, що для синтезу нових видів межових знаків можна використовувати метод морфологічного аналізу та синтезу [Настасенко, 2015, Одрин, Картавов, 1977, Половинкин, 1988.]. Перспективність застосування даного методу характеризується простою отримання упорядкованого пошуку простих рішень, зокрема для створення і вибору нових видів знаків. Це дозволить досягти вирішення проблеми оптимального вибору нових видів межових знаків.

Метод морфологічного аналізу був створений швейцарським астрофізиком Ф. Цвікі [Zwicky, 1967]. Використання морфологічного аналізу в контексті створення і вибору нових видів межових

знаків базується на створенні реально можливих комбінацій видів шляхом створення морфологічної таблиці. Для створення морфологічної таблиці необхідно виконати ряд послідовних етапів, зокрема: сформулювати задачу; ідентифікувати та перерахувати основні функціональні властивості межових знаків; побудувати морфологічну таблицю. Цю таблицю у перспективі можна використати для оптимального вибору знака з урахуванням місцевих та технологічних особливостей фіксації меж межовими знаками.

Результати

Межовий знак, на думку авторів, можна представити як технічну систему, для якої характерні всі життєві цикли початок появи, розвиток тенденції розвитку [Бучинський, 2017, Ільків, 2014]. Одним із видів наукового опису

технічної системи є морфологічний опис, який визначає будову знака, внутрішній взаємозв'язок між його елементами та зовнішні взаємовідносини з факторами, що впливають на закріплення та подальше знаходження межового знаку. До основних функціональних властивостей межових знаків, на думку авторів, його геометричність (представлення знака як геометричного тіла, розміри), конструкція знака, матеріали виготовлення, просторове розміщення, спосіб закріплення та закладання, методи їх виявлення у підземному, ґрунтовому та надземному середовищі [Межовий ультразвуковий ідентифікатор положення координат: пат. 88214 Україна, 2014; Механизация постройки геодезических знаков, закладки реперов и центров, 1987], що відносять до зовнішніх взаємовідносин з оточуючим знаком середовищем.

Таблиця 1

Морфологічна таблиця перебору варіантів межових знаків

Варіанти	Матеріали виготовлення							
	Камінь	Бетон	Залізо-бетон	Дерево	Метал	Полімер	Полімер-бетон	сталь-пластик
Геометричні тіла	Куля	Тетраедр	Куб	Тор	Порожнистий циліндр	Круговий циліндр	Конус	Вузол
Геометричні розміри	Відсутні	Точка	Мінімальні лінійні розміри	Максимальні лінійні розміри	Мінімальні площинні розміри	Максимальні площинні розміри	Мінімальні об'ємні розміри	Мінімальні об'ємні розміри
Спосіб закладки	Котлований	Гвинтовий	Забивний	Вібраційний	Ударно-вібраційний	Буріння	Вібраційне буріння	Буронабивний
Просторове розміщення	Гірські породи	Між гірськими породами і лінією промерзання	Нижче лінії промерзання ґрунту	Лінія промерзання ґрунту	Між лінією промерзання і лінією поверхні ґрунту	Поверхня ґрунту	Дорожнє покриття	Над поверхню ґрунту
Конструкція	Суцільна	Розбірна	-	-	-	-	-	-
Методи	Візуальний	Абрис, кроки	Інженерно-геофізичний	Змішаний тип використання	Інструментально-оптичний	Інструментально-електронний	Зміщений тип	-
Методи зовнішнього оформлення	Окопка	Інформаційні чіпи	Інформаційна табличка	Марка знаку	Комбінація окопки з таблицею	Комбінація окопки з маркою	Комбінація марки, окопки з таблицею	-

Висновки

Використання морфологічного методу дозволяє одержати нові види межових знаків другого та третього видів, у яких враховані вимоги конструктивного, експлуатаційного і технологічного характерів на етапі синтезу функціональних властивостей знаків та запропонувати їх виконавцям проектів землеустрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бізікін С. В. Призначення та перспективи використання межових знаків. *Вісник ХНАДУ*, 2019, т. II, вип. 86, С. 5-9.
- Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / за ред. О. В. Горика. Харків: «НТМТ», 2017, 448 с. ISBN 978-966-2989-39-7.
- Ільків Є. Ю., Галярник М. В., Дутчин М. М. Історія межових знаків в Україні. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування. 2014. Випуск 3. С. 76-83.
- Настасенко В. А. Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений : монография. 2-е изд., перераб. и доп. Херсон : Айлант, 2015. – 100 с. ISBN 978-966-630-105-8.
- Одрин В. М., Картавов С. С. Морфологический анализ систем. Построение морфологических таблиц. К.: Наукова Думка, 1977. 148 с.
- Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учеб. пособие М. : Машиностроение, 1988. 368 с.
- Межовий ультразвуковий ідентифікатор положення координат: пат.88214 Україна: МПК (2014.01) G01S15/00. Ю. Ю. Жигуц, І. І. Опачко; Власник ДВНЗ «Ужгородський національний університет». № u 2013 09896; заявл. 09.08.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.
- Механизация постройки геодезических знаков, закладки реперов и центров. М.: ЦНИИГАиК, 1987. 82 с.
- Berntsen International Inc. Katalog GK8. 2020. С. 16-41.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.berntsen.com/surveying>
- Zwicky F. The morphological approach to discovery, invention, research and construction // *New methods of thought and procedure*. – Pasadena, 1967. P. 273-297.

PROPOSALS FOR THE MANUFACTURE OF MODERN BORDER SIGNS OF THE SECOND AND THIRD TYPES ON THE BASIS OF USING THE METHOD OF MORPHOLOGICAL ANALYSIS

Trevogo¹ I., Ilkiv² Y.,
Halyarnyk² M., Semkiv² B.

1*. Department of Geodesy, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandera str., Lviv, Ukraine, 79013

2*. Department of Geodesy and Land Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15. Carpathian str., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, e-mail: evgen_ilkiv@ukr.net

The purpose of the work is to develop proposals for boundary mark designs and ways of fixing them to customers and contractors of land management projects for decision making in the independent production of boundary marks. Self-made boundary marks belong to the second and third types according to the classification, which is given in the Instruction on the establishment (restoration) of land boundaries in kind (on the ground) and their fixing with boundary marks. **Method.** The method of morphological analysis was used to develop the proposals, which allows to take into account various factors in the independent production of boundary marks and their fixation on the ground. Development of proposals consists of determination of all characteristics, properties and parameters of boundary signs functioning in order to create a morphological box with subsequent search of all obtained variants of boundary mark structures and their methods of fixing. **The result of the work** is the creation of a set of options for the independent production of boundary marks to secure the boundaries of the land plot in kind (on the ground). **Scientific novelty and practical significance.** For the first time, the method of morphological analysis of species of border signs is proposed. Performed theoretical studies will improve, streamline and optimize the technology of independent production of boundary marks, as well as reduce the time to implement land management projects.

Keywords: land management projects, boundary marks, morphological analysis.

УДК 528.08

АВТОКОЛІМАЦІЙНИЙ ЕТАЛОННИЙ ПРИЛАД ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ КУТІВ SeaLineZero_Standard

Самойленко^{1*} О., Адаменко^{2*} О.

1*ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ», вул. Метрологічна
4, Київ, Україна, 02000, E-mail: asam@ukrcsm.kiev.ua

2*ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ», вул. Метрологічна
4, Київ, Україна, 02000, E-mail: Adamaleksandr@i.ua

Розроблено автоколімаційний еталонний прилад для автоматизованого вимірювання вертикальних кутів SeaLineZero_Standart (SLZ_S). Розроблено референсний метод калібрування трьох і більше еталонних автоколімаційних приладів для вимірювання вертикальних кутів.

Ключові слова – еталон, горизонтальна оптична вісь, геодезичні прилади, горизонтальна площина, метрологічні характеристики, геометричні параметри, середня квадратична похибка.

Вступ

Розроблення та вдосконалення еталонів та методик їх калібрування – важливі технічні проблеми в галузі метрологічного забезпечення геодезичних вимірювань. Розвиток геодезичної техніки, підвищення її точності, ставить нові завдання перед метрологічними організаціями в усьому світі.

Постановка проблеми

На даний момент в світі у виробників приладів не існує єдиної технічної політики в галузі калібрування приладів для вимірювань вертикального площинного кута відносно горизонтальної площини. В першу чергу це стосується теодолітів і тахеометрів, які, при вимірюванні вертикальних кутів, виконують орієнтування у просторі своїх робочих органів за допомогою сили тяжіння Землі. Фірми виробники, сервісні центри та метрологи для перевірки або калібрування геодезичних приладів використовують різноманітні, часто саморобні, пристрої, які є не самодостатніми або не відтворюють горизонтальну площину або горизонтальну оптичну вісь з достатньою точністю та, зазвичай, не збігаються один з одним. Для відтворення горизонтальної площини часто використовуються звичайні нівеліри, які калібруються на таких самих недосконалих пристроях. Дещо поліпшує стан справ

наявність Установки автоколімаційної для перевірки нівелірів АУПН [7-10], біля 150 взірців якої експлуатується в 10 країнах бывшего СРСР, але точність відтворення горизонтальної візирної чи оптичної осі за допомогою цих АУПН недостатня.

Для проведення калібрування теодолітів і тахеометрів, нормована середня квадратична похибка вимірювань якими складає 0,5" або 1", необхідні еталонні прилади, та методика вимірювань ними, які б дозволяли відтворити горизонтальну оптичну вісь з розширеною невизначеністю не більше 0,3". Проблема полягає у тому, що до останнього часу таких еталонних приладів не було. Не було також ні методики калібрування таких еталонів ні принципів побудови ієрархічних схем простежуваності відтворення та передачі одиниці площинного кута в галузі його вимірювань від горизонтальної площини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На території України та країн СНД використовуються наступні нормативно-методичні документи з визначення геометричних параметрів та метрологічних характеристик геодезичних приладів: ГОСТ 10529-96 [1], ГКИНП 17-195-85 [2], ГКИНП 17-195-99 [3], Р50.2.024-2002 [6], МПУ 164/01-2003 [7]. У Європі та світі використовуються стандарти ISO, які гармонізовані в Україні, такі як ДСТУ ISO 17123-3 [4] та ДСТУ ISO 17123-5 [5], але не знайшли тут широкого застосування.

Крім МПУ 164/01-2003 [7], в жодному з цих документів не передбачено використання еталонного обладнання для відтворення візирної чи оптичної горизонтальної осі (площини).

Постановка завдання

Метою даної роботи є вирішення проблеми забезпечення відтворення горизонтальної оптичної осі, що відповідає сучасним вимогам щодо точності та рівня автоматизації, за допомогою автоколімаційного еталонного приладу SeaLineZero_Standart.

Основний зміст роботи

Для забезпечення калібрування тахеометрів та теодолітів, нормована СКП вимірювань вертикальних кутів якими не перевищує 0,5" або 1", в ДП «Укрметртестстандарт» розроблено та виготовлено три нові експериментальні еталонні автоколімаційні прилади для вимірювань вертикальних кутів, які є новою прецизійною версією АУПН (рис. 1). Нові прилади отримали назву SeaLineZero_Standard™ (SLZ_STM).

Робочим елементом нових еталонів, є вільна дзеркальна поверхня рідини. Для вимірювань створено спеціальний фотоелектричний автоколіматор з розширеними функціональними можливостями.



Рис. 1. Автоколімаційний еталонний прилад для автоматизованого вимірювання вертикальних кутів SeaLineZero_Standart™

Конструкція SLZ_S^{TM} та методика вимірювань, яка в ньому реалізована в автоматичному режимі вимірювань (без візуального суміщення осей оператором), забезпечують вимірювання вертикальних кутів із сумарною стандартною невизначеністю, не більшою за $0,15''$.

Для доведення цього розроблено описану нижче референсну методику калібрування трьох еталонних приладів. Референсу у сенсі того, що за результатами вимірювань вертикальних кутів парами приладів один на інший (прилад 1 на 2, прилад 2 на 3 та прилад 1 на 3) обчислюються оцінки систематичних похибок вимірювань вертикальних кутів відносно усередненої горизонтальної площини, а також їх невизначеності. Ця методика, еталонні прилади та результати їх досліджень складають початок схеми простежуваності результатів вимірювань вертикального кута відносно площини горизонту.

Запропонована референсна методика дозволила розділити систематичні й випадкові складові сумісних вимірювань парами приладів, тобто виділити складові, притаманні кожному еталону окремо.

Дослідження джерел невизначеності вимірювань, пов'язаних з точністю нанесення пікселів на матриці фотоелектричних перетворювачів, і джерел невизначеності, пов'язаних із взаємодією оптичних систем автоколіматорів з матрицею, а також короткоперіодичної стабільності еталонних приладів проводилися у такий спосіб. SLZ_S^{TM} ставилися один навпроти іншого. Оптична вісь одного із приладів нахилилася відносно осі іншого в межах діапазону вимірювань приладом $\pm 600''$ з кроком приблизно $100''$ та виконувалися вимірювання вертикальних кутів обома приладами. Було виконано 5 циклів таких вимірювань по 13 прийомів, по 6 вимірювань кожним приладом у кожному прийомі. Теоретично кути, виміряні обома приладами, повинні дорівнювати один одному. На

практиці різниця між цими двома кутами дає сумарну, для двох приладів, похибку вимірювань. Вона включає систематичну та випадкову складову похибки вимірювань кожним з них. За кожним циклом вимірювань обчислювалося середнє значення, яке характеризувало сумарну систематичну складову вимірювань парою приладів та стандартний відхил пари вимірювань відносно середнього.

Середнє сумарне зміщення двох осей від площини горизонту у табл. 1 є оцінкою систематичних складових невизначеності вимірювань обома приладами і складає мінус $0,122''$. На короткому проміжку часу це сумарне зміщення стабільне. Максимальний відхил середнього із циклу від середнього за всіма циклами не перевищує $0,004''$, а стандартний відхил пари одиночних вимірювань не більше $0,03''$.

Результати досліджень за усіма п'ятьма циклами вимірювань наведено у таблиці 1

Таблиця 1

Усереднені результати досліджень впливу точності нанесення пікселів на матриці камер на результат вимірювань

Номер циклу вимірювань	Середнє сумарне зміщення двох осей від площини горизонту, ..."	Стандартний відхил пари вимірювань, ..."
1	-0,118	0,017
2	-0,122	0,027
3	-0,123	0,022
4	-0,125	0,020
5	-0,120	0,017
Середнє	-0,122	0,021

Довгоперіодична стабільність трьох SLZ_S^{TM} досліджувалася протягом 5 місяців у лабораторії, де не підтримувалися спеціальні кліматичні умови. Вимірювання кожною парою приладів, як правило, виконувалися протягом години. Для статистичного опрацювання в прийомі з усіх вимірювань випадковим чином відбиралося, для кожної пари, від 5 до 15 вимірювань вертикального кута обома приладами. Вимірювання іншими парами приладів могли виконуватися в інші дні. Вимірюванню підлягали кути між віссю вимірювального каналу автоколіматора та горизонтальною площиною, заданою вільною поверхнею масла a_i , та вертикальні кути від площини горизонту, виміряні на випромінєні сітки ниток один одного, тобто другим автоколіматором на сітку ниток першого та першим автоколіматором на сітку ниток другого b_i .

Результати опрацювання результатів вимірювань всіх приладів за усіма п'ятьма циклами вимірювань наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Опрацьовані результати усіх пар вимірювань

Пара приладів	Середнє сумарне зміщення двох осей від площини горизонту, ..."		Стандартний відхил пари вимірювань, ..."	
	Db_{ij}	Da_{ij}	$S(Db_{ij})$	$S(Da_{ij})$
Серія 1. Температура (20±1) °C				
21	0,045	0,051	0,058	0,141
31	-0,129	0,245	0,041	0,118
32	0,152	-0,022	0,054	0,163
Серія 2. Температура (24±1) °C				
21	-0,113	0,141	0,081	0,114
31	-0,161	-0,176	0,069	0,065
32	0,176	-0,113	0,141	0,103
Усі спостереження				
21	-0,019	-0,027	0,103	0,161
31	-0,143	0,064	0,057	0,231
32	0,162	-0,060	0,100	0,148

Опрацювання результатів вимірювань парами приладів з табл. 2, за референсною методикою описаною в [9], дозволила визначити систематичні зміщення вимірювань кожного з еталонних приладів SLZ_STM, а також оцінити їх невизначеності. Результати опрацювання наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати опрацювання результатів усіх вимірювань

Прилад	Зміщення, ..."	Стандартний відхил		Сумарна стандартна невизначеність, ..."
		зміщення, ..."	одного вимірювання, ..."	
	c_i	$u_i(c_i)$	$S(Db)$	$u_i(b_i)$
1	-0,028	0,038	0,072	0,091
2	0,017	0,038	0,040	0,060
3	0,009	0,038	0,071	0,082

Таким чином, сумарна стандартна невизначеність вимірювань вертикальних кутів еталонними приладами значно менша за нормовану для них під час їх проектування стандартну сумарну невизначеність у 0,15".

Висновки

1) Розроблено референсну методику калібрування трьох і більше еталонних приладів, яка дозволяє визначати систематичне зміщення вимірювання вертикальних кутів ними відносно горизонтальної площини, усередненої за результатами вимірювань під час калібрування або звірень.

2) Сумарна стандартна невизначеність вимірювань вертикальних кутів розробленими еталон-

ними приладами SLZ_STM, за результатами їх калібрування, не вийшла за нормоване значення 0,15" ($k = 1$) та фактично складає від 0,06" до 0,10".

3) Еталонний прилад SLZ_STM забезпечує вимірювання вертикальних кутів із сумарною стандартною невизначеністю до 0,15", без додаткових налаштувань виробника, протягом півроку в діапазоні температури від 19 до 25 °C.

4) Використовуючи референсну методику калібрування кожна фірма-виробник, сервісний центр чи калібрувальна лабораторія матиме можливість створити, з трьох сфокусованих на нескінченність рівноточних приладів для вимірювання вертикальних кутів, еталон для відтворення горизонтальної площини і вимірювань вертикальних кутів відносно неї.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- ГОСТ 10529-96. Теодолиты. Общие технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов. 1997. – 24 с.
- ГКИНП № 17-195-85. Инструкция на методы и средства поверки теодолитов в эксплуатации. – М: Недра. 1988. – 54 с.
- ГКИНП (ГНТА) № 17195-99 Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. – М: ЦНИИГАиК. – 1999. – 56 с.
- ДСТУ ISO 17123-3:2006. Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических приборов и приборов для съемки. Часть 3. Теодолиты (ISO 17123-3:2001, IDT) – Вед. 2006-08-16. – 26 с.
- ДСТУ ISO 17123-5:2014 Оптика та оптичні прилади. Польові процедури для випробування геодезичних та наглядних приладів. Частина 5. Тахеометри (ISO 17123-5:2012, IDT) – Вед. 2006-08-16. – 20 с.
- Р50.2.024-2002. Теодолиты и другие угломерные приборы. Методика поверки. – Н: ФГУП СНИИМ и СГГА. – 2002. – 12 с.
- Самойленко А.Н. Заец В.В. Адаменко А.В. МПТУ 164/01-2003. Метрология. Нивелиры, теодолиты, тахеометры (угломерная часть). Методика поверки. – К.: ДП «Укрметртестстандарт». – 2003. – 30 с.
- Самойленко О.М. Адаменко О.В.. Кукарека Б.П. Проблема відтворення еталонної горизонтальної оптичної осі під час повірки та калібрування геодезичних приладів. Інженерна геодезія. — К.: «Будівельник» — 2017. — с. 18-27.
- Самойленко О.М.. Адаменко О.В.. Кукарека Б.П. Дослідження точності еталонних приладів для вимірювання вертикальних кутів за референсною методикою їх калібрування. Метрологія та прилади: Науково-технічний збірник. – 2019. – Вип. 6 (80). – с. 3-15.

УДК 528.4

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D ЗНІМАННЯ

**Каблак² Н., Калинич¹ І., Ничвид¹ М.,
Мальчевський³ А.**

¹Кафедра землевпорядкування та кадастру,

²Кафедра міського будівництва і господарства
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
вул. Університетська, 14, Ужгород, Україна, 88000,

E-mail: mariya.nychvyd@uzhnu.edu.ua

³TPI Sp.z o.o., Польща

В статті розглянуто останні тенденції у розвитку програмних продуктів, послуг та сучасного геодезичного обладнання.

Ключові слова: лідарне знімання, лазерне сканування, програмні продукти, БПЛА

Постановка проблеми

Технологія LIDAR давно використовується для проведення тривимірних знімків. Датчик LIDAR базується на випромінюванні лазерних променів, які дозволяють отримати сотні тисяч точок в секунду, а також дозволяють розрізнити різні характеристики ґрунту.

Справжня новинка, яка з'явилася тільки в останні кілька років і яка представляє собою важливе технологічне нововведення, полягає в використанні датчиків LIDAR на борту дронів. Це дає змогу забезпечити тривимірний рельєф території зверху при менших витратах, ніж при використанні літаків, при цьому зберігаються характеристики повноти, точності і швидкості, типові для цієї технології.

Мета статті

Проаналізувати останні технологічні рішення в сфері 3D-знімків з використанням безпілотних літальних апаратів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Технологія сканування LIDAR (від англ. *Light Identification, Detection and Ranging*) – це технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відбиття світла і його розсіювання. В результаті технології LIDAR ми отримуємо тривимірну хмару точок об'єктів і поверхонь. Можна сказати, що кожен пристрій, який є лазерним сканером, працює за технологією LIDAR.

Основна перевага технології LIDAR полягає в тому, що сканер є активним датчиком, він генерує сам вимірювальний промінь (лазер), на відміну від камер, які роблять знімки, що

реєструють існуючий світ. Завдяки цьому є можливість працювати не тільки вдень, але і вночі. Крім того, сфокусований лазерний промінь має більшу силу «проникнення», тому можна припустити, що він проб'є рослинність і досягне поверхні місцевості, записуючи інформацію, недоступну для класичної фотограмметрії

Лінійка LiAir складається з інструментів для платформ БПЛА і може похвалитися кількома продуктами, які задовольняють будь-який тип потреб: від LIDAR початкового рівня до продуктів вищого класу з максимальною ефективністю і точністю. Наприклад, один із прикладів технології LIDAR (серія LiBackpack), де штатив і платформа для переміщення – це рішення для сканерів-«рюкзаків» (рис.1).

Інтеграція технології LiDAR з технологією SLAM (одночасна локалізація і побудова карти) дозволяє проводити 3D-знімання у відкритому циклі. Продукти серії LiBackPack дозволяють проводити 3D-зйомки там, де повітряні системи недоступні. Вони ідеально підходять для побудови «рельєфу» споруд, в міських умовах, над якими важко пролітати, і в місцях, що розташовані під дерев'яними навісами. У цьому сенсі LiBackpack DG50 є інструментом максимальної точності для створення хмар точок завдяки системі сканування з двома ліхтарями і вбудованому GNSS модулю [Lidar-Italia].



Рис.1. LiBackpack 50

Точність знімання LIDAR, виконаного з використанням інструментів GVI останнього покоління, надає можливість отримати інформацію, яку неможливо одержати під час традиційного фотограмметричного знімання, що дозволяє користувачам проводити перевірки ліній електропередач та детальне сканування лісової рослинності.

Устаткування з ще більшими можливостями – завдяки модульній конструкції – це рішення LiAir від Green Valley International. У стандартній комплектації вони оснащені приймачем RTK, блоком IMU, камерою і скануючим приладом однієї з компаній: Velodyne, Hesai або Riegl. Вибравши датчик, ми отримуємо інструмент для збору тривимірної інформації про місцевість, адаптований до конкретної роботи. Платформа дозволяє отримувати

ти не тільки хмари точок, а й фотографії за один політ (рис.2).



Рис. 2 БПЛА LiAir фірми Green Valley International

Навіть найкраще вимірювальне обладнання не буде правильно використане без спеціального програмного забезпечення. Однією з таких програм є програмне забезпечення LIDAR360 GID. Платформа містить інструменти, необхідні для ефективної взаємодії і управління даними хмари точок LiDAR. Функції включають управління даними, автоматичне вирівнювання смуг і класифікацію хмар точок. Програма оснащена топографічним модулем для моделювання рельєфу. Ще один модуль присвячений галузі лісового господарства, що дозволяє визначати місце розташування та параметри кожного дерева на основі точкового аналізу хмари (рис.3).

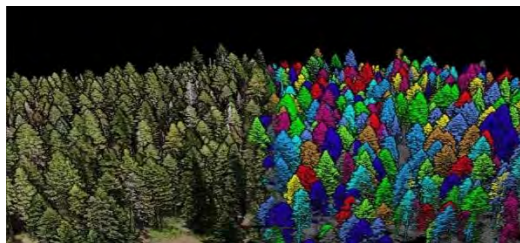


Рис. 3. Класифікована хмара точок (праворуч)

Для більш досвідчених користувачів Terrasolid буде ідеальним інструментом. Компанія Terrasolid випустила нові версії програмних продуктів для роботи з даними лазерного сканування: TerraScan, TerraMatch, TerraModeler і TerraPhoto, – які підтримують останню версію Bentley MicroStation.

Найбільша перевага цього рішення – вдосконалений модуль класифікації хмари точок TerraScan. Це універсальний програмний пакет для обробки необроблених лазерних даних. Оператори і інші користувачі зчитують траєкторії і необроблені точки даних і класифікують їх за певним точковим класом, таким як земля, рослинність і будівлі. Інший модуль заснований на аналізі хмар точок, дозволяє визначити місце розташування і параметри кожного дерева. Наступний – найпереводіший – призначений для виконання завдань, пов'язаних з інвентаризацією і технічним обслуговуванням ліній електропередач. Дуже

цікавим рішенням є функція прогнозування росту рослинності, яка дозволяє вказати тимчасові рамки для вирубки деревостану, який загрожує лініям електропередач (рис.4).

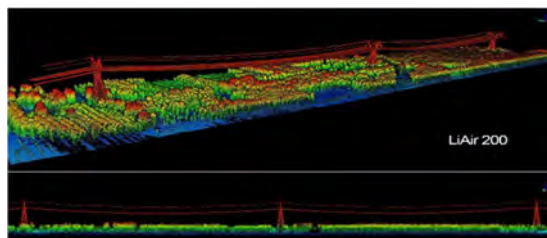


Рис.4 Модуль прогнозування росту вегетації в програмі Terrasolid

Ще один дуже цікавий інструмент – TerraModeler – це універсальний інструмент для вирішення найрізноманітніших завдань проектування і моделювання – дозволяє швидко моделювати об'єкти, використовуючи точку хмари до рівня векторних об'єктів або твердих тіл.

Програмне забезпечення Terrasolid також дозволяє користувачеві проводити розширені аналізи щодо якості хмари точки та її точності. Сама програма дозволяє співпрацювати з більшістю сканерів LIDAR, доступних на ринку.

Висновки

Хмари точок з мультиспектральною інформацією являють собою значний актив для бізнесу в управлінні лісовим господарством та інженерною інфраструктурою і надають платформу для розробки ряду майбутніх додатків. Вибір перспективних геопросторових продуктів із запропонованих рішень лягає на плечі спеціалістів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Green Valley International [Електронний ресурс] – режим доступу <https://greenvalleyintl.com/hardware/liair-series/>;
Lidar-Italia [Електронний ресурс] – режим доступу <https://www.lidar-italia.it/>;
Terrasolid [Електронний ресурс] – режим доступу <https://geocue.com/products/terrasolid/>.

NEW TECHNOLOGIES OF 3D SURVEYS

Kablak N., Kalynych I., Nychvyd M., Malchevski A.

The article discusses the latest trends in the development of software products, services and modern geodetic equipment.

Keywords: LIDAR technology, laser scanning, software products, UAV.

УДК 528. 9:711

ОБНОВЛЕННЯ ДАНИХ ЄДИНОЇ ЦИФРОВОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ АЕРОПОРТУ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ

Бойко О.^{1*}, Крячок С.^{2*}

1*. Кафедра землеустрою та кадастру, Національний авіаційний університет, пр.Л.Гузара 1, Київ, Україна, 03148, E-mail: boyko_lena@ukr.net

2*.Кафедра геодезії, картографії і землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет, вул. Шевченка 95, Чернігів, 14097, Україна, E-mail: geodesist2015@gmail.com

В даній роботі досліджується проблематика оновлення Єдиної цифрової топографічної основи (ЄЦТО) аеропорту сучасними методами та технологіями. Також досліджується склад базових наборів геопросторових даних ЄЦТО аеропорту. Метою даного дослідження є визначення оптимальної технології збору геопросторових даних території аеропорту для оновлення даних ЄЦТО аеропорту. В результаті проведеного дослідження встановлено, що найбільш оптимальними методами на сьогодні є наземне лазерне сканування та лідарне знімання з використанням БПЛА.

Ключові слова – єдина цифрова топографічна основа; геопросторові дані; геоінформаційна система; аеропорт; БПЛА; лазерне сканування; лідарна зйомка.

Вступ

Єдина цифрова топографічна основа (ЄЦТО) території аеропорту та прилеглих ділянок формується як база геоданих та включає базові та тематичні набори даних просторово орієнтованих об'єктів з атрибутивною інформацією.

Простановка проблеми. В даній роботі досліджується проблематика оновлення ЄЦТО аеропорту сучасними методами та технологіями, яка розглядається як основа геоінформаційної системи для адміністративно-господарського управління аеропортом.

Актуальність теми дослідження обумовлена тим, що Урядом України в 2016 році прийнята Державна цільова програма розвитку аеропортів до 2023 року, відповідно до якої 17 із 20 діючих аеропортів підлягають реконструкції та модернізації [4].

Аналіз останніх досліджень. Проблематику оновлення геопросторових даних та планово-картографічних матеріалів території аеропорту та прилеглих територій останніми роками приділялось недостатньо уваги. Існують публікації вітчизняних науковців Карпінського Ю.О., Кучера О.В., Лященко А.А., які висвітлюють окремі напрямки топографо-геодезичного забезпечення аеропортів та впровадження Світової геодезичної системи

WGS-84 в аеропортах України [6].

Метою даного дослідження є визначення оптимальної технології оновлення геопросторових даних єдиної цифрової топографічної основи аеропорту.

Методика дослідження: порівняльний аналіз літературних джерел, дотичних до тематики досліджень.

Результати. Встановлено, що найбільш оптимальними за терміном виконання, точністю та можливістю подальшої цифрової обробки з оновлення єдиної цифрової топографічної основи аеропорту є наземне лазерне сканування булівель, споруд аеропорту та його покриттів, лідарне знімання приаеродромної території та аерознімання локальних об'єктів аеропорту та приаеродромної території з використанням БПЛА.

Основна частина

Аеропортові комплекси – це складні просторові об'єкти з розвинутою інфраструктурою, господарський комплекс яких являє собою сукупність земельних ділянок, будівель, споруд, інженерних мереж, проїздів, злітно-посадкових смуг, освітлювальних приладів, аеронавігаційного обладнання, транспортних засобів, тощо.

Сьогодні існує великий вибір технологій збору геопросторових даних з використанням сучасного обладнання: електронних тахеометрів, GNSS приймачів, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) коптерного, вертольотного та літакового типів, методами традиційного аерознімання, лазерного та лідарного сканування, георадарної зйомки, тощо [1].

БПЛА, що використовуються для крупномасштабного знімання мають відповідати всім вимогам класичного аерофотознімального процесу [2]. Зйомка з БПЛА має переваги у швидкості та економічності отриманих даних і доцільно використовувати для невеликих за площею територій, якими є території аеропортів.

При виборі технології збору геоданих необхідно враховувати площу території та інтенсивність роботи аеропорту, задіяність злітно-посадкових смуг та інтенсивність руху літаків [6].

Останніми роками поширюється впровадження сканерної зйомки, яка поділяється на наземну та повітряну, в залежності від типу скануючої платформи та типу обраного обладнання. Нині ринок пропонує великий спектр скануючого обладнання в залежності від території знімання, її доступності, необхідної точності та напрямів подальшого застосування отриманих даних [7].

Технологія лазерного сканування набула популярності завдяки цілому ряду переваг над іншими методами вимірювань, а саме: можливістю виконання робіт при будь-якому освітленні та погодних умов; визначенням «мертвих зон» на

стадії виробництва польових робіт, завдяки 3D візуалізації в режимі реального часу; використання отриманих результатів сканування в різних цілях; сканування точок об'єкта лише з одного центру проектування; високою деталізацією; безпекою при зйомці небезпечних та важкодоступних районів [1].

Результатом лазерного (лідарного) знімання є хмара точок, в результаті опрацювання та класифікації якої у спеціалізованому програмному забезпеченні отримаємо оновлені геопросторові дані єдиної цифрової топографічної основи аеропорту [3].

Серед даних ЄЦТО виділяють базові набори даних, які утворюють ядро геоінформаційних ресурсів аеропорту. Завдяки базовим наборам просторово і тематично об'єднуються всі інші геопросторові дані – атрибутивні, профільні, тематичні. Базові набори мають зберігатись в інтегрованому сховищі, в якому накопичується, актуалізується та надається в користування геопросторова інформація загального характеру.

До базових наборів геопросторових даних аеропорту можна віднести інформаційні ресурси Єдиної цифрової топографічної основи; цифрові ортофотоплани; аеро- та космічні знімки; дані лідарного знімання; цифрову модель рельєфу (ЦМР) та цифрову модель місцевості (ЦММ); межі земельних ділянок з кадастровими номерами земельних ділянок, з даними про власників та функціональним призначенням; геопросторові дані усіх інженерних мереж і споруд з характеристиками; реєстри штучних покриттів; реєстр будівель та споруд з характеристиками; геопросторові моделі усіх тематичних зон на території аеропорту; геопросторові моделі об'єктів усіх реєстрів, що створюються і ведуться основними базовими суб'єктами ГІС з атрибутами ідентифікації, адресної прив'язки, цільового призначення та функціонального використання.

ЄЦТО аеропорту має представляти загальний масив геопросторових даних, який формує єдиний інформаційний простір що функціонує на основі єдиних принципів і за загальними правилами.

Відповідність міжнародним стандартам ISO 19100 «Географічна інформація / Геоматика» та національним стандартам «Географічна інформація. Еталонна модель», «Правила моделювання геопросторових даних», комплекс стандартів «База топографічних даних» [8] забезпечує створення ЄЦТО як єдиного інформаційного масиву на основі уніфікованої структури, єдиної системи класифікації і кодування топографічних об'єктів та їх атрибутів, правил цифрового опису векторних даних і цифрових моделей рельєфу, метаданих, форматів експорту/імпорту топографічних даних тощо [5].

Висновки

В результаті проведеного дослідження встановлено, що найбільш оптимальними за терміном виконання, точністю та можливістю подальшої цифрової обробки з оновлення єдиної цифрової топографічної основи аеропорту є: 1) наземне лазерне сканування булівель, споруд аеропорту та його покриттів; 2) лідарне знімання локальних об'єктів аеропорту та приаеродромної території з використанням БПЛА.

Дані ЄЦТО аеропорту лежать в основі адміністративно-господарської ГІС аеропорту, використовуються для підготовки документів на земельні ділянки та постановку їх на кадастровий облік, розробку 3D моделі території, експлуатації аеропорту, створення схем планування території тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бойко О.Л., Ляшенко Д.О., Горб О.І. Розробка концептуальної моделі збору геопросторових даних аеропортів методами лазерного сканування для створення ГІС // Наук.-техн.збірник «Містобудування та територіальне планування», Вип.71 -2019 – с.60-71;
- Глотов В.М., Гуніна А.В. Порівняльний аналіз сучасних методів опрацювання великомасштабних планів // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Геодезія, картографія і аерофотознімання», Вип. 83– 2016. – с.53-63;
- Глотов В.М., Марусаж Х. Дослідження точності хмари точок методом наземного лазерного сканування // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Геодезія, картографія і аерофотознімання», Вип. 90– 2019. – с.41-49;
- Державна цільова програма розвитку аеропортів на період до 2023 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF>
- Карпінський Ю.О. Лященко А.А., Ясуюкі Окада Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації // Інженерна геодезія. – 2016. – Вип. 63. – С. 110 – 121. – Режим доступу:
- Крячок С.Д. Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів // Зб. наук. праць «Технічні науки та технології», Вип. 1 (11)-2018-с.239-251;
- Ничвид М.Р. Зміна технологій: найбільш перспективні продукти, рішення та послуги // Зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК «Суч. досяг. геод.науки та виробн»-2017- Вип. II (34) -с.175 -180;
- СОУ 742-33739540 0012:2010 «Комплекс стандартів База топографічних даних «Правила кодування та цифрового опису векторних даних» Т. 2 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gki.com.ua/ua/tehnichni-komitet-103>

УДК 528.32

РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ: СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРОБЛЕМИ

Крпінський¹ Ю. *, Лященко² А. *,
Макаренко³ Д.

1*. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії,
вул. Велика Васильківська, 69, Київ, Україна, 03150,
E-mail: karp@gki.com.ua, ORCID: 0000-0002-0701-1277

2*. Кафедра фотограмметрії і геоінформатики, Київський
національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітрофлотський, 31, Київ, Україна, 03037,
E-mail: liaschenko.aa@knuba.edu.ua, ORCID:
0000-0001-6724-8092

3*. Державна служба України з питань геодезії,
картографії та кадастру, вул. Народного Ополчення, 3,
Київ, Україна, 03151, E-mail: ir@land.gov.ua

Узагальнено досвід і тенденції розвитку інфраструктури геопросторових даних (ІГД) в розвинених країнах, викладено результати аналізу стану формування національної інфраструктури даних (НІГД) в Україні за індикаторами, що визначені Комітетом експертів ООН з питань глобального управління геопросторовою інформацією (UN-GGIM). Ідентифіковано ключові проблеми і нагальні завдання розвитку НІГД в Україні, зокрема в законодавчому, інституційному та нормативному забезпеченні сталого функціонування НІГД.

Ключові слова: геопросторові дані; інфраструктура геопросторових даних; ІГД; НІГД.

Вступ

За майже тридцять років, відколи було сформульовано концепцію, структуру та методологію створення інфраструктури геопросторових даних (ІГД), у більшості країн світу реалізовано програми розбудови ІГД на національному, регіональному та місцевому рівнях. Сучасні ІГД перетворюються в платформи інтегрування усіх ланок виробництва, постачання і використання геоінформаційних ресурсів для прийняття управлінських рішень в різних сферах.

Узагальнено можна визначити, що НІГД – це комплексне національне рішення для забезпечення простого, оперативного та ефективного доступу до географічної інформації в мережі геопорталів. Проста у використанні (на кшталт пошуку об'єктів за адресою та пішохідної навігація з використанням смартфона) ІГД – це надскладна система, в якій застосовуються найсучасніші інформаційно-комунікаційні технології, сховища геопросторових даних, а її створення і поновлення функціонування потребують належного правового регулювання, значних фінансових та людських ресурсів.

При спільності концепцій і технологічних рішень компонентів НІГД кожна країна реалізує та використовує їх по-різному, залежно від конкретних інституційних, економічних, соціальних і технологічних передумов, а також від рівня усвідомлення владними структурами та суспільством значимості геопросторових даних та ГІС для сталого розвитку країни.

Метою цієї доповіді є узагальнення світового досвіду і тенденцій еволюції ІГД, оцінювання стану формування НІГД в Україні, ідентифікація ключових проблем і завдань її розвитку.

Аналіз останніх досліджень

ІГД за останні десятиліття перетворилася в мультидисциплінарну сферу наукові і практичної діяльності, яка охоплює правові, економічні, інформаційні, технологічні, соціальні та інші аспекти виробництва і широкого використання геопросторових даних. В контексті пропонованої теми, поміж багатьох публікацій можна виділити праці, в яких: ІГД розглядається як комплексна програмно-технічна інфраструктура нового типу [GSDI Association, 2004]; досліджується еволюція ІГД з переодизацією трьох поколінь ІГД в розвинених країнах [Rajabifard A. et al., 2006; Masser I., 2011]; аналізуються основні етапи розвитку ІГД та вплив інновацій веб-технологій і технології баз геопросторових даних на архітектуру та функції геопорталів ІГД [Schade S. et al., 2020; Masser I., 2011]; досліджуються особливості та перспективи розвитку ІГД в різних країнах на національному і регіональному рівнях [Gómez P.M. et al., 2019; Guigoz Y. et al., 2017]; аналізуються підсумки реалізації масштабного проекту ІГД в країнах Європейського Союзу [Cetl V. et al., 2017; Crompvoets J. et al., 2018; Pashova L, Bandrova T., 2017]; розроблення системи індикаторів та методів оцінювання ефективності і моніторингу реалізації проектів ІГД [Netherlands Geodetic Commission, 2009]; формування методології глобального управління геопросторовою інформацією для вирішення завдань сталого розвитку [UN, 2011; UN-GGIM, 2018; Scott G., Rajabifard A., 2017].

Наведений перелік праць є далеко невичерпним, але дозволяє виявити загальні тенденції розвитку ІГД в контексті оцінювання сучасного стану і проблем НІГД в Україні, які в останні роки системно не досліджувалися.

Світовий досвід і тенденції розвитку ІГД

ІГД сьогодні у світі розглядається не тільки як одна із теоретичних концепцій, а передусім як:

сучасна парадигма геоінформаційних технологій – сукупність цінностей, методів, підходів, технологічних навичок та засобів дослідження геосистеми;

науково-обґрунтована, прийнята та практично реалізована у більшості країн світу методологія організації виробництва геопросторових даних та забезпечення потреб сучасного суспільства в геоінформаційних ресурсах та послугах;

сукупність стандартів, що охоплюють усі процеси збирання, виробництва та використання геопросторових даних;

множина напрацьованих інституційних, нормативно-правових, програмно-технологічних рішень в сфері ІГД;

сотні геопорталів національних, регіональних, місцевих, галузевих (видових) інфраструктур геопросторових даних.

Разом з цим, ІГД – це динамічна, ієрархічна та мультидисциплінарна концепція, яка постійно розвивається і удосконалюється як під впливом технологічних інновацій, так і зі збільшенням обсягів геопросторових даних та зростаючими потребами суспільства в них. В еволюції ІГД розвирених країн вирізняють три покоління ІГД [Rajabifard A. et al., 2006; Masser I., 2011].

ІГД першого покоління (1990–1998 рр.) були зорієнтовані на дані та зосереджувалися переважно на технологічних питаннях гармонізації даних, стандартизації метаданих і веб-сервісів для виявлення, візуалізації та завантаження даних, що продукуються в державному секторі. Ініціативи щодо створення ІГД та координація взаємодії виробників даних в основному були зосереджені в центральних органах влади, зокрема національних службах з геодезії і картографії.

Друге покоління ІГД (2000–2006 рр.) зосереджується на процесах підтримання даних в актуальному стані та їх використанні в різних сферах як на загальнодержавному, так і на суб-національних рівнях. Реалізація програм зі створення інтегрованих геопросторових даних в різних галузях, а також на регіональному і місцевому рівнях. Ініціативи керівників окремих секторів економіки, органів місцевого самоврядування, партнерських груп націлені на багаторазове використання геопросторових даних для вирішення різних прикладних задач на різних рівнях.

Третє покоління ІГД зорієнтовано на користувача (з 2007 р. по т.ч.) та розвивається як платформа геоінформаційно забезпеченого суспільства на основі технології GeoWeb 2.0, що дозволяє користувачам взаємодіяти та співпрацювати один з одним як творців створеного користувачами вмісту у віртуальному середовищі інфраструктури. Включають урядові та приватні ініціативи (наприклад, Google Maps) та краудсоцінгові джерела даних. Офіційні урядові, регіональні та місцеві геопортали доповнюються функціями зворотнього зв'язку з користувачами для актуалізації даних та надання послуг е-урядування з використанням геопросторових даних.

Важливим аспектом сучасних ІГД є створення та поширення відкритих даних, що доступні для прямого завантаження через корпоративні геопортали (наприклад, Open Street Map, ESRI тощо). Спостерігається тенденція надання геопросторовим даним, виробленим в державному секторі, статусу відкритих урядових даних для вільного завантаження з офіційних урядових веб-порталів. Остання тенденція зафіксована в національних стратегіях розвитку геопросторової інформації як вимога щодо якості геопросторових даних для систем прийняття рішень за принципом AAA (*Accurate, Authoritative, Assured* – точні, офіційні та гарантовані).

Найціннішим джерелом досвіду, безсумнівно, є реалізація ІГД країн ЄС – INSPIRE [Cetl V. et al., 2017; Crompvoets J. et al., 2018]. Окрім ключової ідеї вдосконалення обміну даними, в INSPIRE вирішено надскладне завдання досягнення інтегрованості створюваних геоінформаційних ресурсів шляхом розроблення докладних специфікацій для 34 тем геопросторових даних, метаданих і геосервісів. Серія стандартів ISO 19100 та консорціуму OGC послужили основою для цих величезних зусиль. Створено великий обсяг стандартизованих наборів геопросторових даних і метаданих для обслуговування транскордонних програм охорони моніторингу довкілля та інших секторів. Разом з цим, виявилася проблема топологічної узгодженості наборів даних різних тем, а завдання повного узгодження даних перенесено із 2016 на 2020 рік [Pashova L, Bandrova T., 2017].

На міжнародному рівні зріс інтерес до ІГД як ключового засобу підтримки сталого розвитку. Економічна та соціальна рада ООН (ECOSOC) у липні 2011 р. створила Комітет експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM) [UN, 2011]. Цим комітетом за останні роки напрацьовано низку методичних матеріалів та рекомендацій щодо посилення інституційних механізмів управління геопросторовою інформацією, настанов і стандартів для забезпечення інтегрованості геопросторових даних. Особливу увагу у своїй діяльності Комітет ООН приділяє розвитку ІГД у країнах що розвиваються та у країнах з перехідною економікою для подолання «геопросторового розриву» в рівні використання географічної інформації в цих країнах порівняно з країнами з розвиненими економіками в контексті цілей сталого розвитку [UN-GGIM, 2018].

Ініціативи, стан і проблеми розвитку ІГД в Україні

Передусім в хронологічному порядку варто згадати про деякі ключові ініціативи та проекти, що стосуються формування ІГД в Україні:

липень 1992 р. – створення Державної комісії з ГІС при Кабінеті Міністрів України;

1992-1993 рр. – розроблення проекту «Концепції багатоцільової Національної ГІС України» [Руденко Л.Г. та ін., 1994];

1995 р. – створення Технічного комітету ТК 103 «Географічна інформація/геоматика»;

1995-2000 рр. – реалізація «Державної програми з цифрового картографування України»;

2000-2003 рр. – українсько-шведський проект «Створення умов для впровадження національної інфраструктури геопросторових даних в Україні»;

2004 р. – створення геопорталу дослідної картографічної мережі України (uamap.net);

2006 р. – розроблення техніко-економічної доповіді по формуванню НІГД України;

2007 р. – завершення робіт зі створення Державної системи координат УСК-2000;

29.11.2007 р. – розпорядження КМУ № 1021-р «Про схвалення Концепції проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних»;

2008 р. – розроблення проект ЗУ «Про національну інфраструктуру геопросторових даних»;

2015-2017 р. – українсько-японський проект «Створення національної інфраструктури геопросторових даних в Україні»;

05.12.2019 р. – Верховна Рада України в першому читанні прийняла проект Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних».

Варто також означити певні досягнення в забезпеченні доступу до геопросторових даних в мережі Інтернет, зокрема це геопортали: Публічної кадастрової карти України, Державної геодезичної мережі України, адміністративно-територіального устрою України з моніторингом формування ОТГ тощо. На регіональному рівні створено геопортали системи містобудівного кадастру в 12 областях та 34 містах обласного значення.

В рамках українсько-японського проекту на основі базових стандартів серії ISO 19100 розроблено національні стандарти щодо правил моделювання геопросторових даних, складу метаданих, розроблення специфікацій геоінформаційних продуктів та оцінювання якості геопросторових даних. Ці стандарти складають методичну основу для розроблення нормативних документів з виробництва і використання інтероперабельних наборів геопросторових даних в НІГД.

Разом з цим, незважаючи на певні технологічні та секторальні ініціативи і досягнення, для створення повноцінної НІГД в Україні потрібно вирішити ще багато проблем і завдань.

Звіт ООН «Опитування електронного уряду 2016» показує, що Україна знаходиться на 62 місці

з 193 країн (<https://publicadministration.un.org>). Оцінки для України за всіма показниками (онлайн-сервіси, телекомунікації, інфраструктура та людський капітал – 0.6076; 0.5870; 0.3968; 0.8390) є нижчими за середні показники для європейського регіону (відповідно: 0.7241; 0.6926; 0.6438; 0.8360). Але за цими оцінками Україна входить у рейтинг країн з високим рівнем е-урядування. Натомість, цього не можна сказати про оцінку стану НІГД в Україні за методикою Комітету експертів UN-GGIM (рис. 1). Оцінювання виконано на множині 98 індикаторів за такими напрямками: урядування та інституційне забезпечення; законодавство і політика; фінансове забезпечення; дані; інновації; стандарти; партнерство; спроможність та освіта; комунікації та залучення.

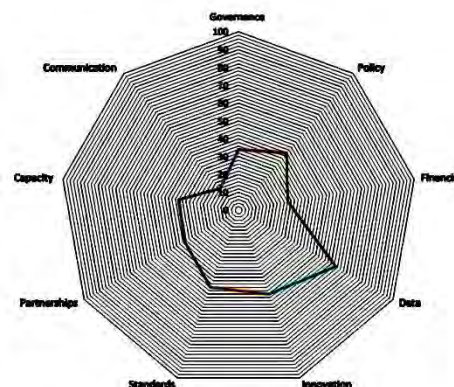


Рис. 1. Діаграма оцінки стану НІГД в Україні за індикаторами UN-GGIM

Загальна оцінка становить 0,39 або 39%, що відповідає рейтингу країн з «геопросторовим розривом». Найбільші проблеми ідентифіковано в напрямках: урядування та інституційне забезпечення, законодавство і політика, фінансове забезпечення, спроможність та освіта, комунікації та партнерство.

Незважаючи на досить високу оцінку наявності даних (понад 60%), в цьому напрямі в Україні теж є проблеми, що не виявляються набором індикаторів UN-GGIM, а саме: відсутність єдиного набору базових геопросторових даних загальнодержавного рівня; відсутність специфікацій та метаданих для геопросторових даних; дані не інтероперабельні та практично недоступні на геопорталах.

Висновки

Багаторічні зусилля професіональної спільноти реалізації концепції НІГД в Україні підтвердила застереження багатьох експертів із розвинених країн про те, що при усій важливості технологічних компонентів ІГД успішність створення ІГД залежить від політичних рішень, належного законодавчого та інституційного забезпечення. Проблеми НІГД не були пріори-

тетними в нашій країні в роки складних трансформацій на шляху до ринкової економіки.

Прийняття в першому читанні проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», якого професійна спільнота очікує понад десять років, дає надію на прискорення у вирішенні ідентифікованих вище проблем та розвитку НІГД як складової сучасної державної стратегії розбудови цифрової країни.

Держгеокадастру необхідно не втрачати роль лідера в топографо-геодезичному та методичному забезпеченні НІГД, в розвитку її інституційних механізмів, партнерства і комунікацій державного і приватного секторів;

Для досягнення максимальної ефективності від реалізації НІГД важливо забезпечити підготовки фахівців, здатних професійно використовувати геопросторові дані та ГІС в системах прийняття управлінських рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Карпінський Ю.О., Лященко А.А. (2006). Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. К.: НДІГК, 106 с.
- Руденко Л.Г., Чабанюк В.С., Бондар А.Л. та ін. (1994). Концепція багатоцільової національної ГІС України. Матеріали науково-практичного семінару з геоінформаційних систем. 22-25 листопада 1993 р., м. Вінниця. – Київ. С. 4 – 33.
- Cetl V., Nunes de Lima V., Tomas R., Lutz, J., D'Eugenio M., Nagy A., Robbrecht J. (2017). Summary Report on Status of implementation of the INSPIRE Directive in EU, EUR 28930 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, DOI:10.2760/162895, JRC109035.
- Gómez P.M., García M.P., Seco G.G., Santiago A.R., Johnson C.T. (2019). The Americas' Spatial Data Infrastructure. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 8(10), 432; DOI: 10.3390/ijgi8100432.
- Crompvoets J., Vancauwenberghe G., Ho S., Masser I., Timo de Vries W. (2018). Governance of national spatial data infrastructures in Europe. IJSDIR, Vol.13, pp. 253-285, DOI: 10.2902/1725-0463.2018.13.art16.
- GSDI Association. (2004). Global Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook, Ver. 2.0. http://gsdiassociation.org/images/publications/cookbooks/SDI_Cookbook_GSDI_2004_ver2.pdf.
- Guigoz Y., Giuliani G., Nonguierma A., Lehmann A., Mlisa A., Ray N. (2017). Spatial Data Infrastructures in Africa: A Gap Analysis /. Journal of Environmental Informatics 30 (1) 53-62.
- Masser I. (2011). Emerging Frameworks in the Information Age: The Spatial Data Infrastructure (SDI) Phenomenon. In T. L. Nyerges, H. Couclelis, & R. McMaster (Eds.), The SAGE Handbook of GIS and Society (pp. 271–286). London, UK: SAGE Publications Ltd, DOI: 10.4135/9781446201046.n14
- Netherlands Geodetic Commission. (2009). Spatial Data Infrastructure Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment. Editors: B. van Loenen, J.W.J. Besemer and J.A. Zevenbergen. Publisher: Netherlands Geodetic Commission, http://gsdiassociation.org/images/publications/SDI_Convergence_2009.pdf.
- Pashova L., Bandrova T. (2017). A brief overview of current status of European spatial data infrastructures – relevant developments and perspectives for Bulgaria, Geo. Inform. Science, 20:2, pp. 97-108, DOI:10.1080/10095020.2017.1323524.
- Rajabifard A., Binns A., Masser I., Williamson I. P. (2006). The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. International Journal of Geographical Information Science, 20 (7), 727-741.
- Schade S., Granell C., Vancauwenberghe G., Keßler C., Vandenbroucke D., Masser I., Gould M. (2020). Geospatial Information Infrastructures. In: Manual of Digital Earth. Springer, Singapore – pp 161-190, DOI:10.1007/978-981-32-9915-3_5.
- UN. (2011). Global Geospatial Information Management. New York: United Nations. E/2011/89.
- UN Committee of Expert on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). (2018). Integrated Geospatial Information Framework (IGIF). A Strategic Guide to Develop and Strengthen National Geospatial Information Management. Part 1: Overarching Strategic Framework. UN-GGIM, 25 p., <http://ggim.un.org/IGIF/part1.cshml>.

DEVELOPMENT OF GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURE: STATUS, TRENDS AND PROBLEMS

Karpinskyi¹ Y.*, Lyashchenko² A.*, Makarenko³ D.

1*. Research Institute of Geodesy and Cartography, 69, Velyka Vasylkivska str., Kyiv, Ukraine, 03150, Email: karp@gki.com.ua, ORCID: 0000-0002-0701-1277

2*. Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky aven., Kyiv, Ukraine, 03037, E-mail: liashchenko.aa@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6724-8092

3*. State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre, 3, Narodnoho Opolchennya str., Kyiv, Ukraine, 03151, E-mail: ir@land.gov

The global experience and tendencies of development of spatial data infrastructure (SDI) are summarized, the results of the analysis of the state of formation of national spatial data infrastructure (NSDI) in Ukraine according to the indicators determined by the UN Committee on Global Management of Geospatial Information (UN-GGIM) are summarized. The key problems and urgent tasks of development of the NSDI in Ukraine have been identified, in particular in the legislative, institutional and regulatory support for the functioning of the NSDI.

Keywords: geospatial data; national spatial data infrastructure; SDI; NSDI.

УДК 623.618:004.4

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ

Пашетник¹ О., Рижов¹ Є., Пашетник² В.

¹ Науково-дослідний відділ
(автоматизованих систем управління)

² Кафедра комплексів та приладів артилерійської
розвідки факультету ракетних військ і артилерії

У матеріалах доповіді представлено результати проведення науково-дослідної роботи (НДР) щодо розробки геоінформаційної підсистеми автоматизованої системи управління (АСУ) Сухопутних військ (СВ) в інтересах командирів механізованих і танкових підрозділів. Здійснено аналіз комерційно та вільно поширюваних повнофункціональних геоінформаційних систем (ГІС) як бази для створення ГІС (підсистеми) АСУ тактичної ланки, який враховує сучасну концепцію мережецентричних дій в управлінні військами. Визначено сучасні вимоги та інструменти, придатні для створення ефективних геоінформаційних систем військового призначення, приведено прототип програмно-математичного забезпечення геоінформаційної підсистеми АСУ тактичної ланки, надано практичні рекомендації.

Ключові слова – автоматизована система управління; геоінформаційна система (підсистема) військового призначення; мережецентричні дії; тактична ланка управління.

Основний текст матеріалів

Одним з найбільш актуальних завдань, що стоять перед Збройними Силами (ЗС) України, є створення та інформаційне наповнення Єдиної автоматизованої системи управління (ЄАСУ) ЗС. Важливою частиною такої системи є АСУ СВ, задачею якої є забезпечення ефективного управління військами (силами) на основі актуальної, повної, достовірної інформації. Інформаційний масив в АСУ СВ практично повністю приурочений до конкретної місцевості, і отже, може та повинен опрацьовуватись із застосуванням ГІС і технологій. Відтак, актуальним є всебічне вивчення останніх досягнень в галузі геоінформатики з позицій розвитку воєнної науки та досвіду управління військами (силами) для вироблення загальної концепції розбудови АСУ СВ, забезпечення її функціонування на різних рівнях [2].

В останні роки провідні країни світу, зокрема США, особливу увагу приділяють активному розвитку теорії і практики ведення

мережецентричних дій (МЦД). Концепція ЄП НАТО (NATO Network Enabled Capability), яка служить базою для створення геоінформаційної системи (підсистеми) АСУ СВ ЗС України в інтересах командирів різних рівнів, передбачає створення глобального інформаційного середовища, що забезпечує комплексну обробку даних у реальному масштабі часу про противника, свої війська та місцевість, ефективну взаємодію всіх учасників бойових дій на територіально рознесений території. Ефективність застосування сучасних ЗС значною мірою залежить від рівня їх інформатизації – насиченості на всіх рівнях управління комп'ютерами і засобами комунікації, базами даних і електронними носіями інформації, а також уміння всіх військово-вослужбовців ефективно використовувати всі ці засоби, що дозволить створити єдиний інформаційний простір [1].

Досвід застосування ГІС показує їхню ефективність при вирішенні більшості завдань як повсякденної діяльності військ, так і планування та ведення бойових дій. Так, важливим кроком в послідовності дій командирів та штабів механізованих і танкових підрозділів СВ по прийняттю рішення на ведення бойових дій є оцінка обстановки. Вона включає: оцінку противника; оцінку своїх військ; співвідношення сил сторін по завданнях; оцінку районів дій військ (оперативно-тактичних властивостей місцевості); стан погоди, пори року і доби; а також інші фактори, які впливають на виконання бойових завдань. Одним із найважливіших завдань є аналіз умов місцевості, які впливають на об'єм і зміст організаційних та військово-технічних заходів. В сучасних умовах оцінка обстановки успішно відбувається при застосуванні ГІС, які на базі цифрових карт та планів надають інформацію про місцевість, зміни на ній і, тим самим, допомагають командиру достовірно та в повній мірі оцінювати ситуацію на полі бою, виконувати військово-географічні прогнози та розрахунки.

Однак, існує ряд проблем, які перешкоджають формуванню та впровадженню у ЗС України єдиного інформаційного простору. Зокрема, в Україні відсутня офіційна програмна платформа для розробки ГІС військового призначення, відсутні захищені операційні системи, бази картографічних та просторових даних, залежність від іноземних глобальних супутникових навігаційних систем і систем космічного зв'язку (в тому числі російських). Недосконалою є також нормативно-правова база, що не дозволяє в повній мірі реалізувати ряд вимог як до інформації та інформаційного забезпечення, так і до автоматизації процесів управління в ЗС України в цілому [3, 5].

Враховуючи вищезазначені проблемні питання, в Національній академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного було проведено наукові дослідження щодо супроводження створення АСУ механізованих і танкових підрозділів, важливою складовою якої є геоінформаційна підсистема АСУ. В рамках досліджень було виконано наступне [4]:

1. Проведено аналіз існуючих геоінформаційних платформ (Quantum GIS (QGIS), GIS MapInfo, ArcGIS, GIS SAGA, Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), White BOX ін.) та здійснено тестування сучасних відкритих ГІС, що засвідчило наступне [6]:

- в якості інтегруючої технології для розробки ГІС-засобів для потреб ЄАСУ ЗС України цілком виправданим є використання сімейства програмних продуктів ArcGIS компанії Esri (США);

- інтегруючим засобом є структури та формати геоданих, а також способи побудови мережових та локальних архітектур робочих місць користувачів АСУ СВ;

- вирішення в багатьох випадках окремих задач оброблення та візуалізації геоданих можуть ефективно будуватись на сучасних відкритих платформах (із систем з відкритим кодом цим вимогам задовольняє Quantum GIS (QGIS), проект Open Source Geospatial Foundation, географічна інформаційна система, що розповсюджується на умовах GNU General Public License). В деяких випадках для підсистем та задач моделювання можуть використовуватись також засоби ГІС інших розробників, необхідно лише чітко визначити алгоритми та регламенти взаємодії з іншими складовими ЄАСУ ЗС України.

2. Встановлено, що геоінформаційна підсистема АСУ механізованих (танкових) підрозділів повинна відповідати наступним вимогам [8]:

- забезпечувати інформаційну сумісність із іншими підсистемами АСУ механізованих (танкових) підрозділів;

- забезпечувати розподіленість бази даних про обстановку по різних автоматизованих робочих місцях;

- забезпечувати можливість синхронізації (оновлення) даних як в мережі, так і через переносні накопичувачі даних (флеш карти, переносні ЖМД, CD або DVD диски, тощо);

- забезпечувати резервування даних на відповідних автоматизованих робочих місцях, можливість зручного відновлення даних у критичних ситуаціях;

- забезпечувати розмежування доступу до даних згідно визначених правил;

- забезпечувати відображення інформації про наявну обстановку в режимі, близькому до реального часу;

- забезпечувати простоту і зручність інтерфейсу, його інтуїтивну зрозумілість;

- забезпечувати ведення електронних карт місцевості згідно вимог п.5.2.2 військового стандарту ВСТ 01.110.001 – 2011 (01);

- підтримувати структуру цифрових карт місцевості (ЦКМ), побудовану на принципах об'єктно-орієнтованих систем, згідно вимог п.5.2.3 військового стандарту ВСТ 01.110.001 – 2011 (01);

- підтримувати додаткові (тематичні) сегменти ЦКМ згідно вимог п. 5.6. військового стандарту ВСТ 01.110.001 – 2011 (01);

- підтримувати бібліотеку умовних знаків та кодових сторінок згідно вимог п. 5.7 військового стандарту ВСТ 01.110.001 – 2011 (01) та вимог чинних керівних документів ЗС України;

- забезпечувати прив'язку додаткової (не картографічної) інформації (в тому числі фото, відео, довідникова інформація) до об'єктів ЦКМ;

- забезпечувати необхідний рівень генералізації картографічних та тематичних шарів ЦКМ відповідно до завдань, які вирішуються;

- забезпечувати розробку і друк бойових графічних документів в паперовому варіанті.

3. Здійснено опис інформаційно-розрахункових задач, які вирішуються геоінформаційною підсистемою на етапах підготовки (ведення) бойових дій в інтересах механізованих (танкових) підрозділів СВ ЗС України у вигляді оперативних постановок.

4. Надано прототип програмно-математичного забезпечення геоінформаційної підсистеми АСУ тактичної ланки СВ ЗС України. Розроблені проекти базуються на технології .NET. Ця програмна технологія, запропонована фірмою Microsoft як платформа для створення прикладних програм, що забезпечує сумісність служб, написаних різними мовами програмування. Середовища розробки .NET-програм: Visual Studio .NET (C++, C#, J#), SharpDevelop, Borland Developer Studio (Delphi, C#) тощо. Поточна версія на якій проводилась розробка проектів .NET Framework 4.5 [7].

5. Надано проект тактико-технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу зі створення програмно-математичного забезпечення геоінформаційної підсистеми АСУ механізованих (танкових) підрозділів СВ ЗС України.

6. Запропоновано для забезпечення інформаційної і програмної сумісності розробок, які здійснюються в установах та організаціях Міністерства оборони України організувати тісну співпрацю всіх залучених до цих розробок установ за єдиним системним проектом, в межах якого будуть визначені наступні питання:

- визначена та на нормативному рівні затверджена платформа геоінформаційної системи (або декількох систем), яка буде використовуватись у відповідних ланках управління;
- визначена система керування базами даних, яка використовуватиметься в ЄАСУ;
- розроблено структуру бази даних для зберігання інформації про предметну область, що стосується як АСУ механізованих (танкових) підрозділів, так і АСУ інших видів (родів) сил (військ);
- розроблено модель обміну інформацією між видами (родами) військ (сил), затверджено протоколи обміну інформацією відповідних рівнів в межах цієї моделі.

Висновки

Приведено результати досліджень щодо розробки геоінформаційної підсистеми АСУ СВ в інтересах командирів механізованих і танкових підрозділів. Дані результати запропоновано використовувати при реалізації програми створення Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами в частині, що стосується компоненти Сухопутних військ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кондратьев А. Е. Исследование сетевых концепций в ВС ведущих зарубежных странах / А. Е. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – №12. – С. 3–10. – ISSN: 0134-921X.
2. Литвиненко Н.І. Рекомендації щодо створення та впровадження геоінформаційної системи Сухопутних військ ЗС України / Н.І. Литвиненко // Системи обробки інформації, 2015. – № 8 (133). – С. 73–76. – ISSN: 2518-1696.
3. Пашетник О. Д. Деякі проблемні питання створення АСУ військами і зброєю у Збройних силах України / О. Д. Пашетник, Л. І. Поліщук // Системи озброєння та військова техніка: науковий журнал. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 2 (42). – С. 31–33. – ISSN: 1997-9568.
4. Пашетник О.Д. Концептуальна модель геоінформаційної системи АСУ військового призначення / О.Д. Пашетник // Застосування Сухопутних військ Збройних Сил України у конфліктах сучасності: матеріали науково-практичної конференції, 17 листопада, 2016. – Л.: НАСВ. – С.25.
5. Пашетник О.Д. Проблеми впровадження ГІС в автоматизовану систему управління підрозділами тактичної ланки / О.Д. Пашетник, В.І. Пашетник, Л.І. Поліщук // Геофорум-2017: матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції, Львів-Брюховичі, 25-27 квітня, 2017. – С. 27–28.
6. Пашетник О.Д. Аналіз геоінформаційних систем провідних країн світу щодо їх можливого застосування в автоматизованій системі управління механізованих (танкових) підрозділів / О.Д. Пашетник, Л.І. Поліщук, С.І. Маврін // Геофорум-2017: матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції, Львів-Брюховичі, 25-27 квітня, 2017. – С. 37–38.
7. Пашетник О.Д. Програмно-математичне забезпечення геоінформаційної підсистеми АСУ тактичної ланки Сухопутних військ Збройних Сил України / О.Д. Пашетник, Л.І. Поліщук, В.І. Пашетник, Т.В. Лаврут // Геофорум-2018: матеріали XXIII Міжнародної науково-технічної конференції, Львів-Брюховичі, 18-20 квітня, 2018. – С. 102–103.
8. Пашетник О.Д. Вимоги до автоматизованих систем управління тактичної ланки сухопутних військ, які визначають особливості функціонування геоінформаційної підсистеми у її складі / О.Д. Пашетник, В.І. Живчук, С.І. Маврін // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки СВ: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, НАСВ, м. Львів, 17-18 травня, 2018. – С. 229.

RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF THE GEOINFORMATION SUBSYSTEM OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR TACTICAL LEVEL

**Pashchetnyk¹ O., Ryzhov¹ Y.,
Pashchetnyk² V.**

¹ Research Department (automatic control systems)

² Department of Complexes and Instruments of Artillery
Intelligence of the Faculty of Missile Troops and Artillery

The materials of the report presents the results of research to develop a geographic information subsystem of automated control system for the benefit of the Land Forces commanders of mechanized and tank units. The analysis of commercial and freely distributed as a full-featured GIS database to create a geographic information system (subsystem) automated control system for tactical level, taking into account the modern concept of network-centric actions in the management of troops. The modern requirements and tools suitable for creation of effective geoinformation systems of military purpose are defined, the prototype of software and mathematical support of the geoinformation subsystem of the automated control system of tactical link is given, practical recommendations are given.

Keywords – automated control systems; geoinformation subsystems for military; network-centric action; tactical link management.

УДК 535(031):358.11

Аналіз останніх досліджень

СЕНСОРНО-ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ СИГНАЛІВ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ ПРО НЕБЕЗПЕКУ

Ванкевич¹ П., Іваник² Є.,
Федоренко² В.

¹. Львівський національний університет ім. І. Франка,
м. Львів

². Національна академія сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного, м. Львів

В роботі обґрунтовано можливість інтегрування елементів волоконної оптики в текстильні матеріали бойового екіпірування військовослужбовця та їх модифікацію під функцію реєстрації зовнішніх прицільно спрямованих оптичних променів. Технічна суть систем попередження про небезпеку полягає у тому, що на елементи одягу та захисної амуніції військовослужбовця закріплюють (чи вживлюють в них) чутливі елементи волоконно-оптичних приймачів світлових променів, які випромінюються в їхньому напрямку прицільними засобами противника і, на які ці приймачі здатні реагувати. Поставлено завдання дослідити можливість створення системи попередження про небезпеку вогневого ураження, на основі особливих властивостей елементів волоконної оптики розсіювати оптичні промені.

Ключові слова: бойове екіпірування; текстильна основа; сенсори; волоконно-оптичні системи; сигнальний елемент; реєстрація зовнішніх прицільно-спрямованих світлових променів; спеціальні технічні засоби виявлення об'єктів противника; електромагнітне випромінювання; точкові світлочутливі елементи; тонкоплівковий фотоелемент; інформаційна система; фізичний ефект світлоінверсії.

Вступ

Сьогодні з усією повнотою постає проблема створення відповідних спеціальних технічних засобів виявлення об'єктів противника, з яких ведеться спостереження з використанням електромагнітного випромінювання. Особливо актуальним є виявлення позицій снайперів, прицільні засоби яких, здебільшого, є приладами квантової електроніки та генерують електромагнітне випромінювання. У зв'язку з цим актуальним є проведення комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на своєчасне виявлення оптичних приладів прицілювання і спостереження противника та їх придушення в інтересах збереження життя військовослужбовців і в кінцевому випадку забезпечення успішних бойових дій своїх підрозділів.

Важливою проблемою сьогодення є удосконалення мобільної системи оптичної розвідки, призначеної для виявлення локації снайперів, спостерігачів, артилерійських корегувальників, у тому числі і замаскованих, оснащених оптичними прицілами (приладами), а також артилерійських гармат, установок ПТКР, бронетехніки, спостережних і командних пунктів, вимірювання дальності до виявлених цілей, що відображено в ряді робіт [Готов (2017), Сильников (1998)]. Прилади (пристрої) такого типу призначені для цілодобового спостереження за оточуючим середовищем в умовах світлових перешкод або значного рівня світлового фону (його відсутності), а також в інших умовах, які утруднюють або виключають спостереження неозброєним оком. За їх допомогою можна виявляти оптичні прилади спостереження (прицілювання) та оцінювати дальність до них; їх принцип дії заснований на використанні фізичного ефекту світлоповертання, що полягає в здатності оптичних систем відбивати зондуєче випромінювання у зворотному напрямі під кутом, близьким до кута його падіння, тобто підсвічування лазером і вловлюванням відбитого зображення, з подальшою обробкою даного сигналу.

Мета роботи

На основі побудови відповідної математичної моделі розглянути можливість створення ефективної безпекової структури активного захисту.

Основний матеріал

Принципи волоконно-оптичних сенсорів ґрунтуються на модифікації світлового сигналу зовнішньою дією, що поширюється в оптоволоконній системі. Світлове випромінювання нечутливе до електромагнітних завад, а тому оптоволоконні сенсори є саме таким рішенням для надійного функціонування в умовах потужних електромагнітних завад. Без сумніву, такі натільні сенсори потрібні для моніторингу фізіологічного стану військовослужбовця, але можна і розширити їхні функціональні можливості, а саме, - такі оптоволоконні натільні сенсори, можна модифікувати для реєстрації зовнішніх прицільних світлових променів, наприклад від снайперської зброї. Тобто замість світлового сигналу від внутрішнього вмонтованого джерела світла, в систему потраплятиме зовнішній світловий сигнал від прицільних засобів противника. Для цього потрібно вживити в систему натільних оптоволоконних сенсорів колектори зовнішнього приціль-

ного випромінювання. Для заміни суцільного тонкоплівкового фотоелемента відповідної площі матрицею дискретних точкових фотоприймачів та зменшення щільності їхнього розміщення в матриці пропонується технічне рішення, яке дозволяє розгорнути світлову точку в смугу, використовуючи дифракційно-розсіювальну здатність системи паралельних оптичних волокон. Така модифікація дозволить знизити цінову вартість виробу і сприятиме покращенню характеристик комфорту «розумних» тканин в які ці оптоволоконні системи індивідуального захисту є вживленими.

Бойові дії часто доводиться проводити в нічний час розраховуючи на часткову скритність. Однією з основних небезпек для особового складу є наявність у противника панорамного обсерватора (спостережника) або снайпера. Поведінка снайпера залежить від його завдання і зазвичай спеціалізується на виборі «цілі» та 100% її ураженні. В нічний час для особового складу така бойова одиниця противника є особливо небезпечною ще й тому, що за професійними характеристиками може знаходитись на близькій відстані, що в свою чергу підвищує ризик ураження «цілі». Детальний аналіз тактичної поведінки підрозділу в подібній ситуації дозволяє використати відповідне теоретичне підґрунтя для конструктивного вирішення системи активного захисту військовослужбовців від вогневого ураження.

Під активним захистом військовослужбовця від вогневого ураження розуміють його активні дії (реакцію) на сигнали тривоги чи небезпеки, що надходять від спеціальних інформаційних систем. Сенсорно-інформаційною системою оснащується кожен військовослужбовець; її чутливі елементи можуть розміщуватись на елементах бойового екіпірування – шоломі, одязі та бронежилеті.

Висновки

Геометричні та механічні характеристики волоконно-оптичних елементів можуть змінюватися в широкому діапазоні, що дає можливість їх інтеграції в текстильні структури. За міцністю, еластичністю та довговічністю такі матеріали практично нічим не відрізняються від традиційних, не поступаються традиційним тканинам за всім спектром властивостей притаманним такого роду виробам.

У перспективі планується виконати низку досліджень з кількома типами спеціальних полімерних матеріалів, – це світлопровідні полімери, що володіють достатніми світлооптичними та механічними характеристиками і являються основою давачів і матеріалів, чутливих до зовнішніх збурюючих факторів, які наносяться на поверхню полімерів.

Проведений цикл експериментальних випробувань розробленого конструктивного вирішення електронної схеми виявлення і повідомлення про небезпеку дає змогу набутися досвід проектування та виробництва комплектуючих елементів сучасних комплексів бойового екіпірування. Розроблювана компонента бойового екіпірування збільшить ефективність дій окремого військовослужбовця та його живучість завдяки застосуванню сучасних технологій, у тому числі інформаційних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Глотов В. М. Виявлення місця розташування спалаху пострілу / В. М. Глотов, В. Д. Макаревич / Науково-технічний збірник. – Львів, НУЛП, 2017. – С.48–56.

Сильников М. В. Состояние, перспективы развития и унификации носимого вооружения и боевой индивидуальной экипировки / М. В. Сильников, В. И. Байдак // Защита и безопасность. Общественно-правовой и научно-технический журнал. – 1998. – № 3 (6). – С. 7–9.

SENSOR-INFORMATION SYSTEM WARNING SIGNALS OF RECORDKEEPING MILITARY MAN ON DANGEROUS

Vankevych P., Ivanyk E., Fedorenko V.

The present work substantiates the possibility of integrating elements of fiber optics into the textile materials of military equipment of combat personnel and their modification under the function of registration of external aiming optical beams. The technical essence of the hazard warning systems is that the elements of clothing and protective ammunition of the serviceman are attached (or implanted in them) to the sensitive elements of the fiber-optic light-beam receivers, which are emitted in their direction by the target means of the enemy and to which these react with which they react. . The task is to investigate the possibility of creating a system of warning of the danger of fire damage, based on the special properties of the elements of fiber optics to scatter optical rays.

Keywords: military equipment; textile base; sensors; fiber-optic systems; signal element; registration of external sight-directed light rays; special technical means of object detection of the enemy; electromagnetic radiation; spot light-sensitive elements; thin-film photoelement; information system; physical effect of light inverse.

УДК 621.396

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ У СПЕЦІАЛЬНИХ ТА НАРОДНОГОСПОДАРСЬКИХ ЦІЛЯХ

Петлюк¹ І., Козлинський¹ М.,
Оліярник¹ Б., Самара² С., Петлюк³ О.

1. Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів
2. Національна академія при Президентові України, м. Київ
3. Центр реалізації та забезпечення договорів

Геоінформаційні технології та інформаційні системи, як новий інструментарій та нова технологія виробництва, надають усім військовим та геоспеціалістам засоби оброблення просторової інформації, "... які вони шукали упродовж двох тисяч років. ГІС є одночасно телескопом, мікроскопом, комп'ютером і копіювальною машиною для цілей регіонального аналізу і синтезу"[Ablet (2018)]

Ключові слова: геінформаційні технології; геоінформаційна система; геодезична мережа; викриття об'єктів (цілей); алгоритм поведінки УРК.

Вступ

Ще на початку 80-х років академік А. П. Єршов писав, що інженери індустріальної епохи повинні були мати хороше просторове уявлення, а кожний інженер уміти читати креслення та, як мінімум, створювати ескізи деталей придуманих ним пристроїв. Тому в циклі фахової підготовки усіх інженерних спеціальностей військових та цивільних навчальних закладів вивчається нарисна геометрія.

Аналіз останніх досліджень

Інженери епохи інформаційних технологій та інформаційного суспільства повинні вміти будувати інформаційні моделі своєї діяльності та об'єктів дослідження і мислити цими моделями.

Технологія "Кадастр = папір + олівець" має зникнути. Геоінформаційні технології та системи стануть нормальним інструментом для кадастрової роботи [FIG (1998)]. Розвинені країни, країни, що розвиваються, та країни, що перебувають у перехідному періоді, потребують оперативних моделей існуючих ситуацій для вирішення проблем населення, довкілля та раціонального землекористування.

Сучасний кадастр має створювати і забезпечувати базову інформаційну модель. Землевпорядники усього світу повинні мислити моделями та користуватися сучасними технологіями, щоб управляти цими моделями.

Даний напрям досліджень у цивільній та військовій сфері є **актуальним**.

Мета статті

Розкрити роль геоінформаційних технологій та інформаційних систем у військовій та цивільній сферах застосування.

Основний матеріал

Тенденція розвитку геоінформаційних технологій та систем характерна в цілому для геодезичної і картографічної діяльності в епоху інформаційного суспільства, в якому зростає роль інформації, а для її створення і оброблення залучаються все більші ресурси, а науки про виміри (Measurement Science), до яких належала як одна з провідних і геодезія, трансформуються в науки отримання інформації та отримання знань (Acquisition of Information, Acquisition of Knowledge).

В контексті цього стає зрозумілим, чому в ініціативі у сфері освіти адміністрацією президента США до трьох найважливіших напрямів освіти разом з нано- та біотехнологіями віднесено геоінформаційні технології.

Поглиблене вивчення геоінформатики має забезпечити підготовку нового покоління спеціалістів у сфері геодезії, землеустрою, геоінформаційних технологій та систем, здатних перетворювати (за метафорою професора Д. Лисицького) "інформаційну руду" польових інженерних вишукувань та цифрових карт в інтелектуальні геоінформаційні моделі для сучасних геоінформаційних систем прийняття управлінських рішень у військовій та цивільній сферах діяльності.

Геоінформаційна система (ГІС) стала основою відображення театру військових дій. Вона є автоматизованою системою для роботи з графічними та тематичними базами даних та виконує функцію моделювання і розрахунку, створення тематичних карт і атласів, прийняття різноманітних рішень і здійснення контролю. На даному етапі ГІС – це засіб роботи з цифровою картографічною інформацією.

Геоінформаційна система ЗС України – це комплекс технічних і програмних засобів, банків (баз) цифрової картографічної інформації, бібліотек тактичних умовних знаків, спеціалізованих підрозділів, які об'єднанні в багаторівневу, взаємозв'язану за функціональ-

ним призначенням організаційно-технічну систему.

Всі заходи, в яких використовуються ГС у військовій сфері можна розділити на два етапи. Перший етап – це застосування ГС в період підготовки до бойових дій, а другий – безпосередньо в період ведення бойових дій.

Наприклад, виконання всебічного аналізу місцевості має однією з цілей використання бази даних геодезичної мережі, яка заложена у програмне забезпечення і дає можливість командирі розібратись досконало з цим питанням при аналізі місцевості і прийнятті рішення.

Геодезична мережа – система закріплених на місцевості точок земної поверхні, положення яких визначено у загальній для них системі координат і висот. Геодезичні мережі розрізняють:

за територіальною ознакою – глобальні, регіональні, національні, місцеві;

за геометричною суттю – просторові, планові, висотні.

Класичні геодезичні мережі поділяють на три види:

державну геодезичну мережу (ДГМ);

державну нівелірну мережу (висотну);

державну гравіметричну мережу.

Державні геодезичні мережі всіх трьох видів будувалися окремо, але вони тісно взаємопов'язані між собою і доповнюють одна одну.

При створенні державної геодезичної мережі виникають три принципових питання:

вибір схеми побудови державної геодезичної мережі на всій території країни;

встановлення густоти геодезичних пунктів;

точність визначення взаємного положення суміжних пунктів в мережі.

Кожне з цих питань необхідно розглядати сукупно, причому з двох позицій:

з позиції розв'язання основних наукових задач геодезії,

з позиції розв'язання завдань картографування території країни.

Державна геодезична мережа створена за принципом переходу від загального до часткового, при цьому:

будували головну – астрономо-геодезичну мережу, що складалася з великих геодезичних побудов у вигляді замкнених полігонів. Вимірювання виконувалися з найвищою можливою точністю;

дану мережу приймали за вихідну і на її основі будували геодезичну мережу другого

порядку з більш детальними геометричними побудовами і з меншою відносною точністю вимірювань, однак, зі збереженням величини абсолютної помилки визначення взаємного положення суміжних пунктів, як і в мережі першого порядку;

мережу другого порядку приймали за вихідну і на її основі створили мережу третього порядку з ще більшою деталізацією геометричних побудов при меншій відносній точності вимірювань, але, як і раніше, з тією ж абсолютною помилкою визначення взаємного положення суміжних пунктів.

Основні положення побудови ДГМ України встановлюють загальні вимоги та принципи побудови і моніторингу її пунктів.

Основні положення передбачають побудову ДГМ із застосуванням сучасних глобальних навігаційних супутникових систем, строгих математичних методів опрацювання даних та інформаційних технологій, а також допускають використання традиційних геодезичних методів.

Побудова, структура та розвиток ДГМ:

Середня густина ДГМ має бути не менше одного пункту на 30 км². Подальше збільшення щільності пунктів ДГМ обґрунтовується розрахунками. Геодезична мережа включає: українську постійно діючу мережу GNSS спостережень; геодезичну мережу 1 класу; геодезичну мережу 2 класу; геодезичну мережу 3 класу.

Українська постійно діюча (перманентна) мережа GNSS спостережень включає:

постійно діючі станції, на яких безперервно виконується комплекс супутникових, астрономо-геодезичних, гравіметричних та геофізичних спостережень;

періодично діючі станції спостережень ГНСС на яких час від часу, раз на 5 років, виконується комплекс супутникових, астрономо-геодезичних, гравіметричних та геофізичних спостережень;

центри опрацювання інформації (Центр геодезичних досліджень Науково-дослідного інституту геодезії і картографії, Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України).

Геодезична мережа 1-го класу:

система рівномірно розміщених геодезичних пунктів, віддалених один від одного на 30-50 км;

є геодезичною основою для побудови геодезичних мереж нижчих класів.

Геодезична мережа 2-го класу:

є вихідною геодезичною основою для побудови мережі 3 класу, геодезичних мереж згущення та геодезичних мереж спеціального призначення;

пункти розміщуються на відстані 8-12 км один від одного та густіше, їх положення визначається, як правило, відносними методами супутникових геодезичних спостережень, а також традиційними лінійно-кутовими методами: тріангуляції, трилатерації та полігонометричних ходів.

Геодезична мережа 3-го класу будується з метою збільшення кількості пунктів до щільності, яка забезпечує створення знімальної основи великомасштабних топографічних та кадастрових зйомок.

Вона включає наявні геодезичні мережі 3 та 4 класів, з наступним перевизначенням та переведенням пунктів 4 класу у 3, та нові пункти геодезичної мережі 3 класу, побудовані згідно з вимогами цих Основних положень.

Нові пункти визначаються методами супутникових геодезичних спостережень, а також традиційними лінійно-кутовими методами: тріангуляції, трилатерації та полігонометричних ходів. Густота пунктів для середньої за площею області – 24 000 км²

15 пунктів 1-го класу;

170 пунктів 2-го класу;

2100 пунктів 3-го класу (3+4 колишні класи).

Середня квадратична похибка визначення положення пунктів, м

1-го класу – 0,05 м;

2-го класу – 0,04-0,05 м;

3-го класу – 0,05 м.

Дослідження точності мережевого розв'язку від відстаней між станціями показало, що при середніх відстанях більше 150 км між базовими станціями фіксований мережевий розв'язок залишається достатньо стабільним і залежить лише від технічних характеристик обладнання, мережевого програмного забезпечення та ліній зв'язку.

Використовуючи цифрові карти місцевості у комплексі з цифровими матрицями рельєфу, програмне забезпечення дає змогу командирів здійснити віртуальний політ через зону відповідальності та спостерігати місцевість у тривимірному просторі.

При веденні бойових дій ГІС використовується для просторово-часового відображення оперативної обстановки на полі бою і ефективного управління військами з використанням каналів комп'ютерного радіозв'язку.

Висновки

1. ГІС – це програмний продукт, який візуалізує цифрову карту, перетворюючи її на електронну, і вирішує завдання геопросторової інформації, упорядкованим набором якої є цифрова карта. .

2. ГІС є невід'ємною частиною для просторово-часового відображення оперативної обстановки на полі бою і ефективного управління військами

3. Завданням подальших досліджень буде дослідження ефективності ГІС при застосуванні підрозділів Збройних Сил України на сході нашої держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Abler R.F. Awards, rewards and excellence. Keeping geography alive and well. – “Professional Geographer”, 1988, 40.– P. 135 – 140.

Кадастр 2014: Бачення майбутніх кадастрових систем (FIG, 1994–1998 pp.)

Гребенюк Т.М., Тревого І.С., Волчко П.І. та ін. Військова топографія: Навч. посібник / Т.М. Гребенюк, І.С. Тревого, П.І. Волчко та ін. За ред. П.П. Ткачука, І.С. Тревого. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2008, м. Львів, 2008. – 384 с.

USE OF GEOINFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES FOR SPECIAL AND NATIONAL ECONOMIC PURPOSES

Petliuk¹ I., Kozlinsky¹ M., Oliyarnik¹ B., Samara² S., Petliuk³ O.

Geoinformation technologies and information systems, as new tools and new production technology, provide all military and geospecialists with the spatial information processing "... they have been seeking for over two thousand years. GIS is both a telescope, a microscope, a computer and a copy machine for regional purposes analysis and synthesis" [Abler (2018)]

Keywords: geoinformation technologies; geoinformation system; geodetic network; exposing objects (goals); URC behavior algorithm.

УДК 528.72/7 3

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ СНАЙПЕРСЬКОЇ ОПТИКИ

Рудковський О.

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного, м. Львів

У статті розглянуто окремі аспекти розвитку засобів виявлення оптичних приладів прицілювання та спостереження противника вітчизняного та закордонного виробництва, проведений аналіз їх ефективності протидії сучасної зброї снайперів. Розглянуто перспективи вдосконалення виробництва із застосуванням новітніх технологій та сучасних матеріалів з подальшим інтегруванням приладів в єдину бойову систему контрснайперської боротьби.

Ключові слова: засоби виявлення оптичних приладів прицілювання та спостереження, функціональне призначення, методи виявлення, оптико-електронна боротьба, уражаючи фактори, сучасні матеріали, індивідуальний захист, єдина бойова система.

Вступ

Аналіз бойових втрат особового складу під час проведення АТО (операції Об'єднаних сил) на Луганському та Донецькому напрямках свідчить про те, що втрати від вогню снайперів противника дорівнюють втратам від нічних вогневих контактів з противником та в результаті підриву на мінно-вибухових пристроях разом взятих.

Тому точність визначення позицій ворожих снайперів, своєчасність їх знищення стає першочерговим завданням в умовах особливості ведення нестандартних бойових дій на Сході України. Загрозу снайперської атаки необхідно нейтралізувати на початковій стадії її підготовки з використанням повного комплексу анти-снайперських заходів.

Аналіз останніх досліджень

На даний час чітко визначено й досліджено такі методи визначення оптичних приладів снайпера як оптичний, звукометричний, тепловізійний та оптико-електронний (лазерна локація). Ці методи засновані на використанні різних фізичних принципів і елементної бази. До їх можливих технічних рішень належать акустичні системи, інфрачервоні датчики, а також оптико-електронні

прилади виявлення снайперських оптичних приладів у денних та нічних умовах (рис.1).



Рис. 1. Детектор «SLD-500» фірми CILAS

Оптичний метод – ґрунтується на візуальному визначенні позиції снайпера за спалахом пострілу. Спочатку йде спалах пострілу, потім за швидкістю розповсюдження – звук, після якого вже долітає безпосередньо сама куля (середня швидкість близько 900 м/с). Такий спосіб є неефективним та застарілим, він фактично не залишає часу на відповідну реакцію. Тому коли йдеться про оптичний метод, слід мати на увазі реєстрацію світлового або іншого випромінювання, що розповсюджується або відбивається від оптичних пристроїв снайперів. До них відносяться в першу чергу приціли, біноклі, прилади нічного бачення, потім йдуть далекоміри, засоби підсвічування та цілевказівки.

Всі ці прилади мають властивість відбивати або випромінювати електромагнітні хвилі визначеного діапазону, за якими можливо виявити та ідентифікувати снайпера противника.

Звукометричний метод – ґрунтується на пеленгації звуку за допомогою декількох мікрофонів та подальшому обчислюванні положення стрільця по запізненню звукової хвилі пострілу. Даний метод дозволяє надійно реєструвати ударні хвилі на значних відстанях. Системи визначення пострілу поділяються на стаціонарні («Сова», «Boomerang» та персональні – «Boomerang Warrior -X») (рис.2).

Переваги методу: пасивний режим роботи, автоматичне всепогодне цілодобове виявлення, круговий сектор спостереження, можливість одночасного виявлення відразу декількох вогневих позицій ворожого снайпе-

ра. Недоліки: виявлення позиції тільки безпосередньо після пострілу, обмежені можливості в умовах застосування глушників, звукових завад, або при резонансному відбитті від перешкод звукової хвилі, відносно невелика дальність виявлення.



Рис. 2. Акустична система «Сова»

Тепловізійний метод – ґрунтується на виявленні теплового випромінювання (ІЧ-діапазон) людського тіла і теплового «вихлопу» вогнепальної зброї при пострілі за допомогою спеціальних приладів – інфрачервоних сенсорів («Weapon Watch») (рис.3).



Рис. 3. Зображення на інфрачервоному сенсорі «Weapon Watch»

Перевагою методу є пасивний режим роботи (нічого не випромінює). Недоліки: обмежені можливості в умовах застосування на зброї полум'ягасників, обмеженість у виявленні в разі обладнання противником хибних цілей або використання тепломаскування, висока залежність від погодних умов [Васьківський, Чепков (2011), Анипко, Борисюк, Бусяк (2008)].

Лазерна локація – ґрунтується на використанні фізичного ефекту повернення світла, що полягає у здатності існуючих оптичних систем відбивати випромінювання, що їх зондує, у зворотному напрямку під кутом, близьким до кута його падіння. Це випромінювання лазерних імпульсів і прийом

відбитого сигналу від оптичних систем, що містять поверхню, що відбиває світло у фокальній площині (ефект «зворотного відблиску»). Важливе значення має здатність приладів виділяти корисний сигнал на фоні «шумів» – фонового випромінювання і різних відбитих променів від навколишніх предметів (вікна будинків, пляшки, бите скло, захисні окуляри, тобто неоптичне скло). Такі «шуми» не повинні заважати роботі приладів, тому що відбивачем сигналу є не передня поверхня лінзи або скла, а те, що знаходиться у фокальній площині оптичної системи (прилад спостереження й виявлення оптичних систем «Луч-1М», детектор «SLD 500») (рис.4)



Рис. 4. Прилад спостереження й виявлення оптичних систем «Луч-1М»

Переваги зазначеного методу: висока завадо захищеність, велика дальність виявлення (більше 2000 м), неможливість уникнути виявлення; цілодобова робота. Недоліки: активний режим виявлення (випромінювальний сигнал), можливість виявлення тільки при потраплянні у поле зору оптичних приладів противника, обмежені можливості в умовах поганої видимості [Глотов, Случайний, Пунда, Музиченко, Тертічний (2011), Васьківський, Чепков (2011)].

Мета статті

Дослідження ефективності існуючих методів виявлення оптичних приладів спостереження та прицілювання противника шляхом побудови оптимальної структури алгоритмів роботи, їх адекватність у системі «солдат – навколишнє середовище – реальна бойова обстановка».

Аналіз особливостей кожного методу, щодо ефективності виявлення прицільної оптики в умовах застосування противником протидивного покриття та їх застосування в контр снайперської боротьбі в збройних силах провідних країн світу, визначення їх позитивних та негативних властивостей.

Дослідження багатокритеріального підходу до вирішення завдань виділення відблиску оптики на фоні природних і штучних завад.

Основний матеріал

Аналізуючи переваги й недоліки кожного з розглянутих методів, слід зазначити, що найкращого чи універсального методу практично не існує. Ефективність виявлення залежить від багатьох факторів, а саме: особливостей місцевості, погодних умов, рівня підготовки і технічного оснащення ворожого снайпера та особового складу контр-снайперських груп.

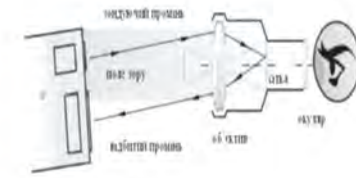
Основними об'єктами оптико-електронної боротьби визначимо:

- штатні оптичні засоби спостереження й розвідки – монокуляр, біноклі, стереотруби;
- оптичні приціли стрілецької зброї,
- снайперські приціли;
- оптичні і електронно-оптичні приціли установок ПТКР, важких кулеметів і ПЗРК;
- оптичні прилади і приціли бронетехніки;
- оптичні прилади вимірювання дальності та цілевказівок;
- тепловізійні пристрої всіх типів, окремі, або ті, що входять до складу комплексів;
- оптичні і електронно-оптичні елементи систем управління навігацією озброєння вертольотів і безпілотних летальних апаратів.

Важливою частиною оптико-електронної боротьби є превентивне виявлення оптичних пристроїв противника, визначення їх координат й знищення. Оптико-електронні пристрої (ОЕП) виявлення з використанням електронно-оптичного перетворювача дозволяють ефективно виявляти замасковані позиції ПТКР, бронетехніки, спостережних пунктів, снайперів – тобто вести активну розвідку оптичних пристроїв противника і використовувати за необхідністю комплекс заходів щодо їх придушення та виводу з ладу на відстанях до 2000 м [Кораблин (2001), Анипко, Борисюк, Бусяк (2008)].

Ефект «зворотного відблиску» полягає у тому, що в одному з фокусів (у фокальній площині) будь-якої системи обов'язково знаходиться який-небудь світлочутливий елемент – скляна пластина з нанесеною на неї сіткою

(оптичні приціли, біноклі, фотокатод електронно-оптичного перетворювача приладу нічного бачення або сітківка людського ока. Саме від них і відбивається лазерне випромінювання, повертаючись у тому ж напрямку, звідки воно прийшло (рис.5).



ф

Рис. 5. Загальний принцип роботи пошукових оптико-електронних пристроїв.

Оптико-електронні прилади виявлення оптичних систем можуть інтегруватися в інші системи: акустичні, сейсмічні, радіолокаційні; вертольоті і танкові комплекси, а також стати базою для створення потужних анти снайперських і розвідувальних комплексів спеціального призначення, наприклад, під час поєднання їх з великокаліберними снайперськими гвинтівками, кулеметами, автоматичними гранатометами та іншими засобами вогневого ураження включаючи броньовану техніку. Подібні комплекси успішно застосовуються спеціальними підрозділами армій країн – членів НАТО та РФ [Кораблин (2001), Азов (2003), Молитвин (2008), Кондратьев (2009)].

Принцип дії приладу заснований на лазерної локації місцевості й обробці поверненого, відбитого від визначеного об'єкта (ОЕС, сітківки ока, що знаходиться у фокусі системи та інші.) лазерного випромінювання. Відбите від оптико-електронною системи (ОЕС) випромінювання каналу, що зондує, поступає спочатку у приймальний канал приладу, та в подальшому на блок обробки, який формує сигнали світлової індикації і звукової сигналізації. Також, крім виявлення приладів прицілювання та спостереження, можливе виконання інших завдань, а саме:

- постановку завад ворожим снайперам шляхом сканування лазерним променем місцевості, заважаючи веденню прицільного вогню та спостереженню в оптичні прилади;

- введення в оману, шляхом використання променів невеликої потужності спрямованих у бік противника, імітуючи прицільне наведення на нього зброї (рис.6).



Рис. 6. Малогабаритний лазерний комплекс протидії снайперам «Павук»

Висновки

Основними критеріями щодо вдосконалення існуючих та розробки нових зразків приладів виявлення оптичних приладів противника, з інтегрованими в них новітніми технологіями, повинні стати наступні вимоги:

- реалізація ефективних алгоритмів багатоспектрального виявлення прицільної оптики в умовах застосування протидії бивних покриттів;
- здійснення повністю автоматичного процесу виявлення прицільної оптики і оптичних приладів спостереження;
- забезпечення низького рівня помилкових спрацювань завдяки багатокритеріальному підходу до вирішення завдань виділення відблиску оптики на фоні завад;
- забезпечення високої швидкодії процесу виявлення прицільної оптики завдяки побудові оптимальної структури алгоритмів роботи;
- мінімізація масогабаритних параметрів системи при одночасному забезпеченні дальності дії.
- організація автономної роботи системи та обміну даних в реальному часі шляхом застосування засобів бездротового зв'язку;

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Смелков В.М. (2015) Экспресс-расчет дальности наблюдения тепловизионной системы / В.М.Смелков, Б.Ф. Чельцов, С.А. Волков // Спеціальна техніка. – 2015. – №4(26). – С.46-58.
- Глотов В.Ю. (2017) Окремі воєнно-технічні аспекти розвитку сучасної збройної боротьби / В.М.Глотов, М.Ю. Случайний, Ю.В. Пунда, Д.П. Музиченко, В.І. Тертічний // Наука і оборона. – 2011. – №4. – С.46-52.

Васьківський М.І. (2011) Виявлення місцезнаходження спалаху пострілу/ М.І. Васьківський, І.Б. Чепков // Наука і оборона. – 2011. – № 2. – С. 44–49.

Анипко О.Б. (2008) Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники: монография / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк // Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 196 с.

Кораблин В. (2001) Танковые информационно-управляющие системы. Сухопутные войска – ЗВО – 5/2001 СЮО современных танков и БМП <http://commi.narod.ru/txt/2001/0507.htm>

Военное обозрение (2008) Ресурс IHLS armia.az 21/06/ 2018 [http:// andrei – bt.livejournal. com](http://andrei-bt.livejournal.com)

Азов. В. (2003) Концепция создания единой информационно-управляющей структуры ВС США / В. Азов. // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – №1. – С. 3-10.

Молитвин А. О (2008) реализации концепции единого информационного пространства НАТО / А. Молитвин // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – №1. – С. 23-27.

Кондратьев А.Е. (2009) Проблемные вопросы исследования новых сетевых концепций вооруженных сил ведущих зарубежных стран / А.Е. Кондратьев //

THE SYSTEMS AND METHODS FOR THE DETECTION OF SNIPER OPTICS

Rudkovskyi O.

The article considers some aspects of the development of means of detection of optical aiming devices and observation of the enemy, domestic and foreign production, the analysis of their effectiveness of anti-modern weapons snipers. The prospects of improving production with the latest technology and modern materials with integration of the devices into a single combat system to counter a sniper fight.

Keywords: detection of optical aiming devices and surveillance, functionality, identification methods, optical-electronic struggle, striking factors of modern materials, personal protection, the only combat system.

УДК 621.396.96

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОГО ГЕОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Петлюк¹ І., Аборін¹ В., Зубков¹ А.,
Бударецький¹ Ю., Самара² С.

1. Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів
2. Національна академія при Президентіві України,
м. Київ

Численні військові конфлікти в різних частинах земної кулі з широким застосуванням засобів мінування місцевості зумовлюють актуальність проблем гуманітарного розмінування. При цьому ключове значення має таке визначення місцезнаходження міни, замаскованої в ґрунті. Застосування контактних методів пов'язано з дорогим забезпеченням безпеки техніки та особового складу.

Зазначені обставини диктують необхідність створення неконтактних методів і засобів високоточного визначення місцезнаходження мін. Розглянуто неконтактні локаційні методи.

Ключові слова: геомоніторинг; гуманітарне розмінування; локаційний канал спостереження; радіолокаційний контраст; тепловий (радіотепловий) контрасти.

Вступ

Локаційний геомоніторинг, як неконтактний спосіб отримання інформації про стан і динаміку еволюції характеристик земної поверхні застосовується для вирішення широкого кола спеціальних і народногосподарських завдань [Мельник (1980)].

Науковий і прикладний інтереси мають питання щодо застосування методів геомоніторингу для пошуку і високоточного визначення місцезнаходження вибухових пристроїв, замаскованих шаром ґрунту. Такий підхід є серйозною альтернативою контактним методам за вартістю і безпеки.

Даний напрям досліджень у військовій сфері є **актуальним**.

Аналіз останніх досліджень

Локатори підповерхневого зондування знайшли широке застосування в різних областях (геологія, будівництва, контроль якості комунікації і спецтехніки) [Щербаков (2007)].

Як правило, це багатоспектральні локатори, в яких використовується методи активної

локації, реалізують переваги того чи іншого участі спектра електромагнітних хвиль. Однак широке застосування з неметалевими корпусами ускладнює застосування методів активної локації. Спільне застосування методів активної та пасивної локації в одному спектральному діапазоні підвищує ймовірність виявлення мін, в тому числі пластикових, проте досягається ефект істотно залежить від складу і фізичного стану ґрунту.

Мета статті

Обґрунтування принципів технічної реалізації багатоспектральної системи геомоніторингу для гуманітарного розмінування.

Основний матеріал

Фізичною передумовою для технічної реалізації локаційного підповерхнісного моніторингу є можливість поширення електромагнітних хвиль в поверхневому шарі ґрунту, який за фізичними характеристиками є діелектричним. Слід зазначити, що питомі втрати поширення електромагнітних хвиль в ґрунті значно вищі ніж у вільному просторі.

Однак незначна глибина установки протипіхотних і протитанкових мін дає підставу для оптимістичної оцінки можливостей підповерхневого неконтактного моніторингу в інтересах гуманітарного розмінування. Джерелом інформації про місцезнаходження міни є частина потужності зондуючого сигналу, розсіяна корпусом міни при активній локації, або ж частина потужності випромінювана корпусом міни в режимі пасивної локації.

При цьому слід враховувати фундаментальний принцип локації, а саме:

- джерелом інтенсивних відображень в режимі активної локації є поверхні об'єктів, які мають у своєму складі метал та їх можна побачити;

- діелектричні поверхні слабо відображають електромагнітні хвилі, але є джерелом теплового випромінювання.

У зазначеному аспекті активний і тепловий (радіотепловий) локаційні канали можуть розглядатися як формуваці «позитиву» і «негативу» об'єкта, що спостерігається, відповідно [Зубков, Юнда (2013)].

З позиції простоти технічної реалізації з мінімальним обсягом і вагою апаратури радіолокаційні (радіометричні) канали доцільно створювати в міліметровому діапазоні довжин хвиль, а теплові в довгохвильовій частоті

інфрачервоного діапазону [Зубков (2005), Криксунов, Падалко (1987)].

У практиці мікрохвильової локації відпрацьовані методи конструктивного поєднання апертурних частин міліметрового і інфрачервоного діапазонів, а також алгоритми

оптимальної адаптивної багатоспектральної обробки локаційної інформації [Зубков, Прудіус (2008)]. На рис.1 представлена узагальнена структура багатоспектрального локатора для геомоніторингу в інтересах гуманітарного розмінування.

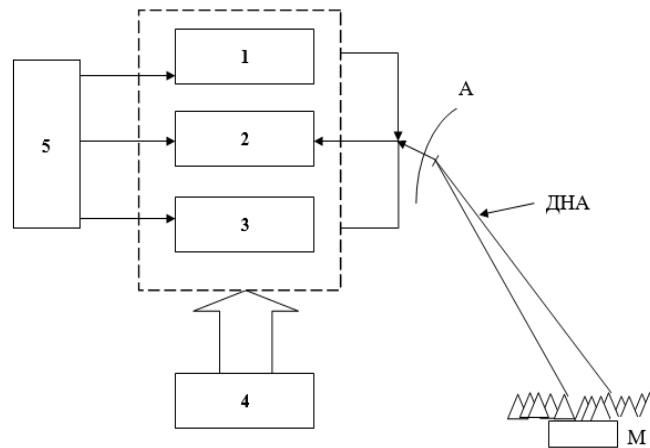


Рис. 1. Узагальнена структура багатоспектрального локатора (М – міна, А – багатоспектральна антена, ДНА – діаграма направленості антени, 1 – радіолокаційний канал, 2 – радіоелектронний канал, 3 – інфрачервоний (тепловий) канал, 4 – двухпелюстковий електропривід сканування антеною, 5 – процесорний блок багатоспектральної обробки)

Висновки

1. Технічна реалізація всіх складових елементів багатоспектрального геолокатора може бути виконана на існуючій елементній базі.

2. Багатоспектральний локаційний моніторинг є ефективним неконтактним способом пошуку і виявлення вибухових пристроїв у ґрунті з забезпеченням безпеки особового складу

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Мельник Ю.А. Радиолокационные методы исследования Земли /Ю.А. Мельник, С.Г.Зубкович, В.Д. Степаненко// под редакцией Ю.А. Мельника. – Москва: Сов.радио, 1980. – 264 с.
- Зубков А.М. Самонаведення ракети на наземну ціль при знакозмінному цілефоновому контрасті А.М. Зубков, І.З. Залуцька, А.П. Каленников В.А. Юнда // Науково-технічний збірник. – Львів: АСВ, 2013. – №2(9). – С. 31-35
- Зубков А.Н. Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Принципы построения / А.Н. Зубков // Радиоэлектроника. Известия ВУЗов. – 2005. – №9. – С.3-16

Криксунов Л.З. Тепловизоры. Справочник / Л.З. Криксунов, П.А. Падалко. – Киев: Техника. – 1987

Зубков А.Н., Прудіус І.Н. Интегрированные многоспектральные системы геомониторинга. Концепция построения / А.Н. Зубков, І.Н. Прудіус // МРФ 2008: 3-й Междун. радиоэлектр. Форум: зб. наук. трудов. – Харьков: ХНУРС, 2008. С.283-286.

APPLICATION OF METHODS AND MEANS OF MULTI-SPECTRAL GEOMONITORING FOR HUMANITARIAN MILLING

Petliuk I., Aborin V., Zubkov A., Budaretsky Y., Samara S.

Numerous military conflicts in various parts of the globe, with the widespread use of landmines, determine the relevance of humanitarian demining. The key to this is the location of a mine disguised in the soil. The use of contact methods is associated with the costly security of equipment and personnel. These circumstances dictate the need to create non-contact methods and tools for precise location of mines. A noncontact location method is considered.

Keywords: geomonitoring; humanitarian clearance; location observation channel; radar contrast; thermal (radiothermal) contrasts.

УДК 621.396

СИСТЕМИ ГЕОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМНОГО ПОЛОЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАСУ РУХУ В КОЛОНАХ

**Бударецький Ю., Руденко О., Андрєсв І.,
Бенцало Л.**

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного, м. Львів

Розглянуто метод і технічні питання реалізації системи визначення взаємного положення об'єктів військової техніки з метою попередження зіткнень під час їх руху в колоні. В основу підходу покладено метод радіолокаційної оцінки параметрів руху наземних об'єктів, який використовує сигнали великої бази. Розглянуто сигнали з лінійною частотною модуляцією і фазовою маніпуляцією несучої частоти зонduючого сигналу. Запропонована методика визначення параметрів руху об'єктів, що рухаються на фоні розподіленої підстилаючої поверхні.

Ключові слова: геомоніторинг; взаємне положення об'єктів; пристрої технічного бачення; поглинання електромагнітних хвиль в атмосфері; ультразвукові локатори; лазерні локатори; інфрачервоні далекоміри; НВЧ локатори; шумоподібні сигнали; дальність, швидкість зближення.

Вступ

Відповідно до вимог Бойових статутів ЗС України – марш основний спосіб пересування підрозділів, тобто військова техніка пересувається в складі колон. При цьому основною вимогою до здійснення маршу значиться здійснення його приховано, переважно вночі або в інших умовах обмеженої видимості.

На сьогодні, використовуючи наявні технічні можливості підрозділів, одним з способів забезпечення скритності здійснення маршу є світломаскування, яке може бути реалізовано з використанням затінюючих насадок, так і з використанням пристроїв нічного спостереження, або їх сполученням.

Однак заходи з світломаскування в багатьох випадках тягнуть за собою значне погіршення оглядовості дорожньої обстановки, що негативно впливає на середню швидкість колони, крім того у військовому підрозділі, який пересувається колоною підготовка водіїв, низький рівень їх психологічних якостей (перемикання уваги, емоційна нестійкість), невміння в складній дорожній ситуації вірно оцінювати обстановку та вибирати безпечні

режими руху може привести до зіткнення з перешкодами або створення аварійних ситуацій. Вихід з такої ситуації може бути знайдений за допомогою автоматизованої система контролю дистанції, що заснована на використанні засобів технічного бачення.

Тому розробка засобів підтримки заданої швидкості руху, відстані між об'єктами військової техніки в колоні є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень

В світі проводяться інтенсивні роботи щодо розробки систем попередження зіткнень автомобілів (СПЗА). Вже сьогодні на деяких автомобілях встановлені окремі елементи СПЗА, однак проблема розробки досконалої СПЗА ще далека від вирішення.

З аналізу останніх розробок СПЗА можна зробити висновок, що їх загальним недоліком є використання оптичного діапазону електромагнітних хвиль в якості носія інформації в системі технічного бачення.

В залежності від типу випромінювання хвиль (електромагнітні хвилі оптичного діапазону, акустичні хвилі, електромагнітні хвилі діапазону НВЧ) в якості пристрою технічного бачення (ПТБ) можна розглядати наступні локатори [European Standard EN 302 288-1, 2012; Бакулєв (2004); Долгова (2015); <https://glavportal.com/materials/rossijskie-oboronshiki-razrabotali-kruiz-kontrol-dlya-voennoj-tehniki/>; Bosch, (2012)]:

- НВЧ — локатори (радары);
- ультразвукові локатори (сонари);
- лазерні локатори (лідари);
- інфрачервоні далекоміри.

Оскільки основним завданням ПТБ є висвітлення дорожньої обстановки: виявлення об'єктів, визначення до нього дальності $D_{об}$ і швидкості зближення з ним $V_{збл}$, необхідно ретельно проаналізувати взаємодію відповідних хвиль з атмосферою при поширенні в ній.

Мета

Вибір і обґрунтування типу зонduючого сигналу і способів його обробки для створення ПТБ, що забезпечують оптимізацію СПЗА

Основний матеріал

Відомо, що при поширенні в атмосфері електромагнітних і акустичних хвиль відбувається їх ослаблення по експонентному закону:

$$I = I_0 e^{-\alpha R} \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність випромінювання в ісходній точці, I – інтенсивність випромінювання в кінцевій точці, α – коефіцієнт ослаблення, км^{-1} ; R – дальність, км .

Тому при розробці локатора СПЗА необхідно враховувати особливості поширення хвиль в атмосфері. Інтенсивність поглинання електромагнітних хвиль залежить від довжини хвилі. Властивості різних типів радарів та їх залежність від перешкод і стану атмосфери описано в [Бакулев (2004)].

Лідари найбільш доступні за ціною, але мають істотний недолік: у лазерних радарах використовуються джерела, що генерують електромагнітні хвилі видимого або інфрачервоного діапазонів. В складних метеорологічних умовах лідар може виявитися непрацездатним внаслідок великого згасання в атмосфері.

Звукові (або акустичні) хвилі являють собою пружні коливання повітряного середовища. Прийнято вважати, що швидкість поширення звуку є величина постійна і дорівнює 330 м/с . Однак, швидкість поширення звукових хвиль залежить від стану атмосфери. На рис. 1 наведена залежність швидкості звуку від температури повітря.

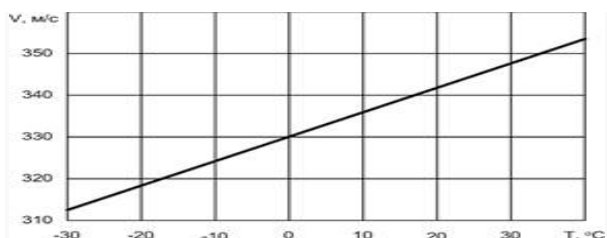


Рис. 1. Залежність швидкості звуку від температури повітря

Зміна швидкості звуку може привести до значних похибок у визначенні відстані до об'єкта і швидкості зближення з ним. Це є істотним недоліком акустичних локаторів. Крім, того потужність пьезогенераторів, що використовуються як джерело ультразвукових сигналів, мала, тому ультразвуковий локатор не може забезпечити необхідну дальність дії.

Враховуючи сказане можливо стверджувати, що НВЧ радары мають значні переваги щодо умов застосування і їх доцільно використовувати для реалізації ПТБ СПЗА. Єдиний недолік використання НВЧ локаторів – висока вартість.

Одним з головних завдань, яке стоїть перед розробником радару – це вибір частотного діапазону його роботи. Історично НВЧ радари

спочатку реалізовувались на більш низьких частотах. Так в кінці 1960-х в Англії працівники Mullard Research Laboratories розробили систему автомобільного радару, яка працювала на частоті 10 ГГц , потім RCA використовував ту ж частоту в своїй системі, створеній в 1972 році. В подальшому розробники засвоїли більш високі частоти з метою зменшення габаритів антенних систем, взявши частоту спочатку 34 ГГц , потім 50 ГГц , а недавно перейшли до частоти 77 ГГц [https://glavportal.com/materials/rossijskie-oboronshiki-razrabotali-kruiz-kontrol-dlya-voennoj-tehniki/; Bosch (2012)].

Вибір частоти пов'язаний і з поглинанням НВЧ в повітрі. Крім того, при розробці радару для систем технічного зору військового призначення необхідно звертати увагу на скритність його роботи від засобів радіотенічної розвідки противника. На рис. 2 наведені розраховані залежності і (коефіцієнти ослаблення поблизу поверхні Землі для водяної пари і кисню при горизонтальному поширенні хвилі відносно поверхні Землі) від частоти при середніх метеорологічних умовах. З рисунка видно, що водяна пара має смуги поглинання з центрами поглинання поблизу частот $22,183$ і 320 ГГц , а кисень – поблизу частот 60 і 120 ГГц .

Для систем військового призначення доцільно вибирати роботу радару в діапазоні 60 ГГц , що забезпечить надійне виявлення, супровід і оцінку параметрів руху перепони на дорозі на відстані до 250 м і водночас значне згасання радіосигналу на відстані розташування засобів радіотехнічної розвідки противника, які, як правило, знаходяться за $3\text{--}5 \text{ км}$ від переднього краю.

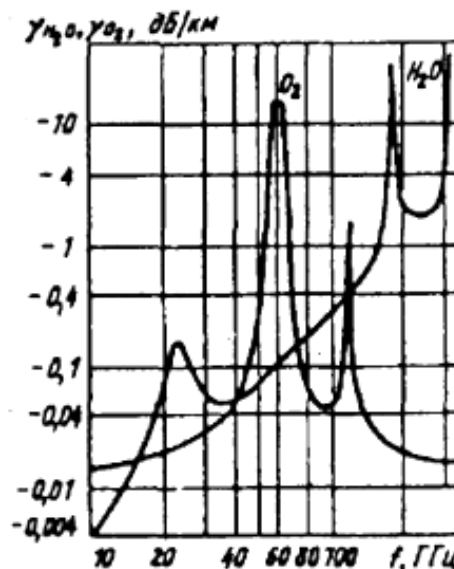


Рис. 2. Поглинання радіохвиль в приземному шарі атмосфери.

Іншим питанням, що стоїть перед розробником радару, є вибір типу зонduючого сигналу для визначення не тільки швидкості руху автомобіля і швидкості зближення з перепорою, але і визначення відстані до неї. Для досягнення цієї мети в автомобільних радарх широко використовується технологія лінійної частотної модуляції неперервної несучої частоти (ЛЧМ). У порівнянні з імпульсними радарми, радари з ЛЧМ є меншого розміру, використовують меншу потужність випромінювання і є набагато дешевшими, при їх виробництві.

ЛЧМ сигнал може бути описаний виразом [Bosch (2012)]

$$s(t) = \exp[j2\pi(f_0 t - \frac{1}{2} k t^2)], -\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (2)$$

де f_0 - несуча частота зонduючого сигналу, k - коефіцієнт зміни частоти, T - період модуляції (тривалість імпульса при імпульсному сигналі).

Принцип вимірювання затримки сигналу, а, відповідно і відстані, за допомогою методу ЛЧМ може бути проілюстрований за допомогою фігури, що наведена на рис. 3 [Кук (1971)].

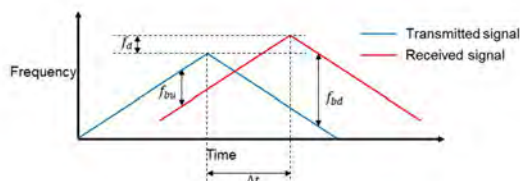


Рис. 3. Структура сигналу FMCW.

База ЛЧМ сигналу равна $\Delta F \cdot T$, де ΔF - ширина спектру сигналу. Рівень бокових пелюстків автокореляційної функції (АКФ) такого сигналу дорівнює мінус 13,4 дБ. Незважаючи на те, що ЛЧМ сигнал, з його шириною полоси частот, підвищує роздільну здатність по дальності, такий рівень бокових пелюстків не задовільняє задачам визначення взаємного положення об'єктів. Більше подавлення рівня бокових пелюстків можна досягти застосуванням спеціальних видів модуляції зонduючого сигналу, а також за рахунок вагової обробки. При цьому роздільна здатність по дальності визначається шириною спектра ΔF , а інтервал однозначної оцінки дальності визначається періодом модуляції T [Кук (1971)].

Можно показати, що якщо в стандартному варіанті узгодженої фільтрації, частотний відлік узгодженого фільтра (УФ) визначається як

$$H(w) = Y^*(w), \quad (3)$$

то в варіанті фільтрації з ваговою обробкою в частотній області частотний відлік УФ може бути записан виразом

$$H(w) = W(w)Y^*(w), \quad (4)$$

де $W(w)$ - деяка вагова функція (Хемінга, Тейлора, Кайзера и т.п.).

Структурна схема такого варіанту обробки представлена на рис. 4.

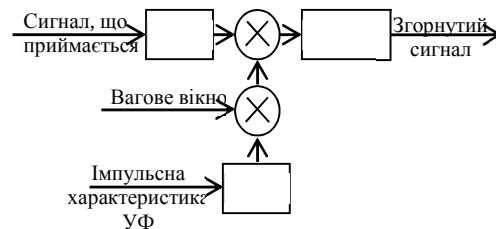


Рис. 4. Згортання ЛЧМ сигналу з ваговою обробкою в частотній області.

Впровадження процесу вагової обробки в систему узгодженої фільтрації забезпечує подавлення бокових пелюстків, однак при цьому погіршується співвідношення сигнал/завада на виході УФ. Втрати в потужності сигналу на виході УФ виникають в наслідок розузгодження фільтра з сигналом, що приймається, після додавання вагової функції в алгоритм фільтрації. Теоретично величина цих втрат може бути знайдена по формулі [Кук (1971)]

$$L_{BTP} = \frac{1}{K^2} \sum_{k=0}^{K-1} \frac{1}{2} a^k w[k]^{1/2}, \quad (5)$$

де K - кількість дискретних значень вагової функції.

Зі сказаного видно, що ЛЧМ сигнал має певні недоліки при застосуванні в системах попередження зіткнення.

Крім ЛЧМ сигналу в якості зонduючого сигналу можна використовувати сигнал з кодуванням несучої по фазі (фазо-кодований сигнал).

Сигнали з кодуванням по фазі відрізняються від частотно-модульованих сигналів тим, що в них період модуляції розбивається на деяке число більш коротких інтервалів. Всі підінтервали мають рівну тривалість; кожний підінтервал передається з визначеним значенням фази, яка, як правило, міняється на 0, π по закону псевдовипадкової послідовності (ПСП), або послідовності максимальної довжини (яка називається також М-послідовністю або послідовністю сдвигового регістру). Особливості і основні властивості М - послідовностей описані в [Кук, 1971; Расторгуев, 2005; https://www.rohde-schwarz.com/ru/applications/white-paper_230854-50249.htm]. При використанні послідовностей максимальної довжини в якості неперервних радіолокаційних сигналів їх

АКФ має періодичний характер з періодом ПСП

$$T_{\text{ПСП}} = N\tau, \quad (7)$$

де τ – тривалість підімпульса, N – кількість елементів послідовності.

Співвідношення пікового бокового пелюстка до максимуму АКФ в цьому випадку дорівнює N^{-1} і може досягати значно кращих значень, ніж при використанні ЛЧМ-сигналів. При цьому роздільна здатність по дальності визначається τ , а інтервал однозначної оцінки дальності визначається періодом ПСП $T_{\text{ПСП}}$.

Сучасна цифрова і НВЧ елементна база дозволяє реалізувати фазову маніпуляцію несучої частоти зонduючого сигналу з тактовою частотою ПСП 50 - 100 МГц, що відповідає роздільній здатності по дальності в 3 - 1,5 м. При цьому для однозначного вимірювання дальності до 190 м тривалість періоду ПСП складає 0,127 мкс, а рівень бокових пелюстків не перевищує 42 дБ.

Висновки

1. Найбільш ефективним пристроєм технічного бачення для систем попередження зіткнень є НВЧ радіолокатор 5-ти мм діапазону хвиль.

2. Для більш ефективного використання енергетичного потенціалу НВЧ радіолокатору, мінімізації його масогабаритних характеристик доцільно використовувати неперервний режим випромінювання зонduючого сигналу з фазовою маніпуляцією його несучої частоти по псевдовипадковому закону.

3. Шляхом подальших досліджень є розробка систем формування, виявлення, синхронізації по частоті і затримці псевдовипадкового шумового сигналу та оцінки його параметрів з метою визначення параметрів руху і взаємного положення об'єктів військової техніки при їх русі в колоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

European Telecommunications Standards Institute ETSI. European Standard EN 302 288-1 Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM); Short Range Devices; Road Transport and Traffic Telematics (RTTT); Short Range Radar Equipment Operating in the 24 GHz Range; Part 1: Technical Requirements and Methods of Measurement. January 2012.

Бакулев П. А. – Радиолокационные системы. Москва, Радиотехника, 2004 г, ISBN 5-93108-027-9.

Долгова Л. А., Василяди Г. Н. Обоснование способа предупреждения столкновения автомобилей // Молодой ученый. — 2015. — №9. — С. 194-198.

Расторгуев В. А. Шевцов. С.П., «Инновации», № 6, 2005г., стр. 98-104.

Bosch Introducing New Mid-Range Radar Sensor, Stereo-Video Sensor in 2014, Green Car Congress, Oct. 30, 2012.

Кук Ч., Бернфельд М Радиолокационные сигналы. Пер. с английского под ред. В. С. Кельзона. — Москва: Советское радио, 1971. — 568 с.

Радиолокационные сигналы для аэрокосмических, оборонных и автомобильных РЛС. Интернет ресурс. Параметр входу: https://www.rohde-schwarz.com/ru/applications/white-paper_230854-50249.htm

Российские оборонщики разработали круиз-контроль для военной техники. Интернет ресурс. Параметр входу: <https://glavportal.com/materials/rossijskie-oboronshiki-razrabotali-kruiz-kontrol-dlya-voennoj-tehniki/>

GEOMONITORING SYSTEMS FOR DETERMINATION OF VEHICLES RELATIVE POSITIONING DURING MOVEMENT IN COLUMNS

Budaretskiy Y., Rudenko A., Andreev I., Bencalo L.

The method and issues of technical implementation of the military vehicles objects relative positioning determining system are considered with the purpose of preventing collisions during their movement in the column. This approach is based on the radio ranging method of assessment the parameters of ground objects motion, which uses signals of a large base. The signals with linear frequency modulation and phase manipulation of the probe signal carrier frequency are considered. An approach for determining the objects moving motion parameters against the background of a distributed underlying surface is proposed.

Keywords: geomonitoring, objects relative positioning; assets of technical vision, electromagnetic waves absorption in the atmosphere; ultrasonic locators; laser locators; infrared rangefinders; high frequency locators; noise-like signals; range; speed of convergence.

УДК 528:002.711.168

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ВЕЛИКИХ МІСТ В УКРАЇНІ

Кізло Л., Троценко О., Вільгуш Д.

Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

В ході проведення теоретичного дослідження розглянуті переваги і недоліки застосування інформаційних технологій з використанням геоінформаційних систем для створення мережі “розумне місто”. Визначені світові тенденції їх імплементації у систему функціонування інфраструктури великих міст в Україні. Для цього було розглянуто і розкрито сутність понять: геоінформаційні системи; “розумне місто”; технології розумного міста; визначені пріоритетні напрями і технології забезпечення діяльності інфраструктури великих міст; досліджено перспективи розвитку окремих “розумних” компонентів в містах України та розроблені рекомендації щодо можливості імплементації кращих зарубіжних практик.

Ключові слова: геоінформаційні системи; інформаційні технології; система “розумне місто”; “розумні мережі”; смартфон; цифрова трансформація даних; он-лайн-платформа; автоматизовані методи просторового аналізу.

Вступ

XXI століття, безперечно, є століттям інформаційного прориву. Люди, які виконують управлінські функції знають, що успіх і процвітання в суспільстві залежать від володіння різноманітною інформацією та можливостями її швидкого перегляду й аналізу – “...Хто володіє інформацією, той володіє світом”, – ці слова Бісмарка актуальні сьогодні, як ніколи. І як би не розвивалися різні галузі науки та техніки, яких би нових висот не досягло людство, інформація з кожним днем стає все більш важливим ресурсом, який стимулює розвиток суспільства з одного боку, а з іншого – вимагає для її застосування використання інформаційних технологій. Дані напрямки досліджень як у військовій так і цивільній сферах є **актуальними**.

Аналіз останніх досліджень

Як свідчать спеціальні дослідження 67% усієї інформації, яку використовують спеціалісти різного рівня, містять у собі географічні (метричні, просторові) дані, тобто різні відомості про розподіл у просторі, часі, середовищі об'єктів,

явищ, процесів, подій [Ищук, Серединин, Карпенко, Мельник (2010)]. А робота з геоданими і є суттю геоінформаційних систем.

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) – це не тільки і не просто карти, нехай і інтелектуальні. Вони безпосередньо пов'язані з тим, як перетворюється образ нашого просторового мислення, допомагаючи швидко знайти відповіді на важливі для ефективної діяльності питання: де знаходяться ті чи інші об'єкти і складові елементи мережевої та супутніх інфраструктур; як вони пов'язані один з одним і з іншими об'єктами; де перебуває обслуговуючий персонал; де розташовані датчики і з якими елементами мережі вони пов'язані; де вже ведуться роботи, де вони лише плануються; які матеріальні та майнові ресурси необхідні для їх проведення та інше. ГІС допомагають здійснити аналіз інформації і, з урахуванням різноманітних зовнішніх і внутрішніх факторів надати їх для того, щоби зручніше, ефективніше управляти ними [Зацерковний (2012)].

Основані на ГІС інструменти для кількісного аналізу і візуалізації інформації допомагають проводити імітаційне моделювання, вимірювати і відображати різноманітні дані, які пов'язані з плануванням, інженерними роботами чи дослідженнями, маркетингом чи продажами, взаємодією з клієнтами та інше.

Всі ці аспекти безпосередньо стосуються таких галузей і прикладних областей, як електроенергетика, поставки газу і нафти, телекомунікації, водопроводи і каналізація, послуги на основі розташування та ін. Одним із прикладів використання “інтелектуальних мереж” є загальносвітовий проект “розумне місто”: програма повної реконструкції та модернізації інфраструктури міста.

Термін “smart city” («розумне місто») почали активно використовувати з середини 1990-х рр. у контексті розширення сфер застосування інформаційних технологій на основі ГІС, зокрема у публічному управлінні та міському самоврядуванні. У 2000-х роках стали очевидними перспективи розвитку “розумних міст” як сфери вкладення довгострокових інвестицій насамперед в інформаційні технології та орієнтації на сталий розвиток і екологічні інновації І ГІС в цьому процесі також відводиться ключова роль.

Мета статті

Визначити роль інформаційних технологій та геоінформаційних систем у військовій та цивільній сферах

Основний матеріал

Тенденцією останнього десятиліття є розвиток і поширене впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на основі ГІС у систему функціонування інфраструктур великих міст. Це зумовлено, як загальносвітовими процесами урбанізації із зростанням кількості населення міст, так і наслідками перетворення міст на осередок сучасних інновацій із запровадженням сучасних технологій (СТ) в усі сфери життя. В теперішніх умовах перенаселеності міст, коли під загрозою опиняється благо громадян, коли вони залежать від погіршення криміногенної ситуації, тотального екологічного забруднення, постійно існуючих заторів на дорогах чи відсутності місць для паркування автотранспорту, що призводить іноді до трагічних інцидентів, саме створення системи “розумне місто” виглядає найперспективнішим напрямом розвитку суспільства і засобом для забезпечення комфортного життя та громадської безпеки їх мешканців. Одним із останніх нормативно-правових актів, які впливають на розвиток розумних міст стало Розпорядження Кабінету Міністрів від 17 січня 2018 р. № 67 “Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації”, в якій пріоритетним завданням визначається життя людини та її безпека, правопорядок та громадський спокій.

Система “розумне місто” – саме таке середовище, жити в якому цікаво, комфортно і безпечно. Для бізнесу – це територія з перспективами зростання і розвитку; для міської влади – простір, у межах якого будь-які рішення приймаються на основі даних про стан міських комунікацій та інфраструктури, отриманих від різноманітних електронних пристроїв, всіляких датчиків, вимірювачів, камер спостереження – інтелектуальних інформаційних систем, які збирають, накопичують і передають інформацію.

Першим кроком щодо перетворення міста на «розумне місто», є інвентаризація доступних систем розумних міст та відповідних даних, а також інших навіть зовнішніх або сторонніх джерел даних – і без використання ГІС з цим питанням не впоратися. Наприклад, на підставі цих даних можна визначити найкращу архітектуру для зберігання, об'єднання та використання кожного типу даних на основі можливих випадків використання та очікуваних результатів. Застосування камер відеоспостереження і фотофіксації, засобів відеоаналізу, засобів зв'язку, працюючих на основі ГІС технологій надає можливість забезпечувати безпеку існування в міському середовищі. “Розумне місто” здатне самостійно простежити за належним рухом транспорту і пішоходів, за ситуацією в громадських місцях, за

лікарнями і школами. Також, що система “розумного міста” є дуже гнучкою і дозволяє, при бажанні, впровадити та налагодити роботу “розумної освіти” з дистанційним навчанням – коли всі школярі чи студенти можуть навчатися у викладачів найвищої кваліфікації не залежно від кількості “вільних місць” в аудиторіях.

Утім, з точки зору безпеки, “розумне місто” повинно навчитися самостійно стежити не тільки за цим, але й за електромережами, газо- і водопостачанням, безпекою у транспорті, станом тепломереж і водостоків та інше.

Наразі міста стають “розумними” не тільки за рахунок того, що вони можуть автоматизувати рутинні функції для обслуговування конкретних людей, будівель та систем руху, а й тому, що вони здатні контролювати, розуміти, аналізувати та планувати дії для підвищення ефективності та якості життя для своїх громадян у режимі реального часу і на певній території – створення “розумної мережі”.

Для повноцінного впровадження системи “розумних мереж” и отримання максимальної користі від їх використання потрібний міцний фундамент у вигляді потужної, працеспроможної корпоративної ГІС для управління даними (відомостями), підтримки і автоматизації робочих процесів і забезпечення ситуаційної обізнаності всього обслуговуючого персоналу. Оператори мережевих інфраструктур повинні володіти навичками застосовувати, сформовані на основі «ГІС поглядів», інформаційні активи (дані), які розкидані в просторі чи розгалужені у різних сферах функціонування систем, для того, щоб приймати оптимальні рішення у межах основних питань. Корпоративні ГІС мають надавати можливість створювати сучасні “розумні мережі” і ефективно їх застосовувати [Світличний, Плотницький (2016)].

Натомість опоненти “розумного міста” висловлюють побоювання щодо можливості недотримання належного збереження і розповсюдження конфіденційних персональних даних, забезпечення процесу невтручання в особисте інформаційне поле. Вони стверджують, що іноді наявність датчиків і камер може сприйматися людиною, як вторгнення в її приватність, перетворення спостереження на державний нагляд і примусовий контроль.

Але “плюси” використання таких систем очевидні: безпечне і комфортне життя для жителів міст – безвідмовно працює міська інфраструктура, максимально оперативний ремонт міських комунікацій у разі надзвичайних чи аварійних ситуацій; налагоджене житлово-комунальне господарство – автоматична передача показань лічильників і нарахування оплати за комунальні послуги; контроль ефективності роботи міських транспортних артерій – в мобільних додатках пасажири легко отримують

інформацію про графік руху трамваїв, автобусів і тролейбусів. “Розумна” транспортна інфраструктура також може включати детектори контролю транспортного потоку, засоби автоматичної фіксації порушень ПДР, роботи адаптивних світлофорів, інформаційних табло систем автоматизованого управління освітленням, пристроїв, що допомагають уникати заторів на дорогах. Отже, переваги є і це зрозуміли і успішно використовують в мегаполісах Сінгапура, Амстердама, Чикаго та багатьох інших.

Оцінюючи успішність реалізації проєктів «розумне місто» на основі ГІС технологій у світі, слід відзначити, що сьогодні Україна не є лідером, як за темпами впровадження інновацій, так і за якістю та комплексністю їх застосування. Фактично, в Україні ще жодне місто повністю не адаптовано до життя в режимі “Smart”. Проте окремі елементи “розумного міста” впроваджують у Києві. Львів має стати першим в Україні містом, де буде запроваджено “розумний” мікрорайон із застосуванням сучасних ІТ інновацій на основі ГІС. Також зроблені перші кроки “цифровізації” всієї країни а саме: у кінці вересня 2019 року Міністерство цифрової трансформації України презентувала бренд “Держава в смартфоні”. Продукт був створений за кошти закордонних “донорів” – швейцарсько-української програми EGAP, проєкту USAID, проєкту EGOV4UKRAINE, що фінансується ЄС та його країнами-членами: Данією, Естонією, Німеччиною, Польщею і Швецією.

Реалізовувати проєкт почали наприкінці 2018 року – створили електронний кабінет для малої забудови та розробили транспортний портал, який об’єднав електронні сервіси у всіх сферах транспортної галузі в одну “розумну” систему. З 2019 року, в тестовому режимі, запустили «Маятко» у Харкові, Кривому Розі, Вінниці та Луцьку. Цей проєкт об’єднав 10 базових послуг, пов’язаних із народженням дитини, в одну систему.

Отже для інфраструктури, що надають послуги в галузі обслуговування, технологія ГІС складає загальну платформу для доступу бізнес-даних, елементів управління активами матеріального фонду і постійного оновлення інформації про функціонування системи, планування комплексу ремонтних робіт, збір інформації про клієнтів і взаємодію базою даних, підготовки звітних матеріалів і презентацій, планування поточної діяльності та перспектив розвитку. Поступово впроваджується і “цифрова” трансформація даних на всіх рівнях влади: від міністерства до районної адміністрації ж поширенням можливостей і доступу до Інтернет ресурсу та он-лайн обслуговування.

Сьогодні ми не замислюємося над питаннями прогнозу погоди в своєму регіоні, країні чи інших точках земного шару, або коли під’їде

автобус до зупинки, чи як налаштувати навігатор в машині на вибір оптимального маршруту (без заторів) від роботи до дому – безліч таких дрібничок вирішують наші смартфони, програмне забезпечення яких основане на “розумних” геоінформаційних технологіях.

Проте доступність он-лайн послуг – це також і вміння ними скористатися, тому, на державному рівні, було запроваджено національну програму цифрової грамотності, яка за 3 роки має охопити 6 мільйонів українців. В межах цього проєкту розроблено також додаток і сайт “Дія”, який запрацював в країні з 6 лютого 2020 року. “Дія” – перша національна он-лайн-платформа, що допоможе українцям будь-якого віку освоїти базові “цифрові навички”, отримати “цифрову компетентність”, батькам – дізнатися про те, як захистити своїх дітей від небезпеки Інтернету, а вчителям – навчитися застосовувати он-лайн-інструменти, щоб зробити свої уроки більш ефективними та захопливими. Українські міста роблять лише перші кроки в “смарт напрямку”. “Розумними” прагнуть стати Львів, Дніпро, Харків, Київ та Одеса. На це їм потрібно щонайменше 10 років. Розумне вуличне освітлення, смарт-парковки – це лише окремі “цифрові” ініціативи. Проте, щоб досягнути результату за українським містам треба починати працювати над цим уже зараз.

Чому “цифровізація” настільки важлива для України? Це не тільки громадська безпека а, насамперед, ліквідація корупції та бюрократії, зручність державних сервісів для громадян, економія часу і коштів бюджету. Мета уряду – впровадити 100% державних послуг он-лайн до 2024 року і 50 основних послуг – вже у 2020 році. Завдяки “цифровізації” до 2024 року можна буде отримати будь-які держпослуги, не виходячи з дому “... в тому числі – голосувати на президентських, парламентських чи місцевих виборах. Це наша мрія, і ми це зробимо. Це виклик амбітний, але досяжний!”, – стверджував В. Зеленський під час презентації проєкту “Дія”. Також президент з гордістю заявив, що “...Україна стала третьою країною в Європі, яка має подібний сервіс. Наступним напрямом – має стати покращення доступу громадян до екстрених служб реагування, це є пріоритетним завданням Кабінету Міністрів України. Саме система екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112 має стати основою для покращення доступу до екстрених служб і відповідного реагування – як єдиний номер та сервіс оперативної допомоги...”.

Швидкість реагування на надзвичайні ситуації повинна відповідати світовим стандартам щодо надійності та комплексності надання таких послуг і саме ГІС в ньому відводиться ключова роль [6]. До факторів, що стримують розвиток геоінформаційних технологій, належать низький в цілому

рівень комп'ютеризації в країні і відсутність у достатній кількості відповідних фахівців.

Висновки

Сфера використання ГІС дуже широка – від планування процесу надання медичних послуг до визначення місця під забудову супермаркету, від посадки дерев до встановлення кабельного телебачення, люди з усіх частин земної кулі щоденно обробляють географічні дані, застосовуючи при цьому геоінформаційні технології. Сьогодні важко уявити без ГІС та просторового моделювання й аналізу процесу планування, управління, оцінки результатів багатьох сучасних інформаційних технологій, дослідження природних ресурсів, управління арміями і зброєю, діяльність місцевих адміністрацій, виборчі механізми і компанії.

ГІС охоплюють усі просторові рівні: глобальний, регіональний, національний, локальний, муніципальний; інтегрують різноманітну інформацію про нашу планету: картографічну, ДДЗ, статистику та перепис населення, кадастрові відомості, гідрометеорологічні дані, матеріали польових топогеодезичного фотографування, тощо. Вони застосовуються в усіх галузях господарського комплексу і можуть функціонувати на найрізноманітніших рівнях. Розроблені в ГІС автоматизовані методи просторового аналізу вже сьогодні є потужною зброєю в руках дослідника, менеджера, керівника будь-якого рівня та навіть простого споживача.

ГІС в ХХІ столітті будуть об'єднані в єдиний комплекс наук, який, спираючись на просторову ідеологію і використовуючи найсучасніші технології із переробки величезного обсягу будь-якої просторової інформації, будуть домінувати у суспільстві.

Ідеї, закладені в ГІС вже набувають властивостей каталізатора процесів інтеграції, надаючи їм новий вимір. При цьому геопросторові дані стають стратегічно важливою інформацією як для корпоративної діяльності, так і для системи національної безпеки держави. До того ж, активне впровадження сучасних ІТ на основі ГІС забезпечує Україні низку істотних переваг – країна стає більш конкурентоспроможною на світовій арені, у десятки разів збільшується як швидкість обміну даними між державними структурами, так і повнота надання державних послуг населенню. Але, попри все, розвинене “розумне” геоінформаційне середовище в Україні це платформа для європейської інтеграції, економічного добробуту, процвітання, стабільності та безпеки в державі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Геоинформационные системы в Украине: основные тенденции и проблемы развития / А.А. Ишук, Е.С. Серединин, С.А. Карпенко, А.В. Мельник // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия “География”, том 23 (62), 2010, №2, – С.13-21.
- Зацерковний В.І. Аналіз стану топографо-картографічного забезпечення як джерела даних для регіональної ГІС / В.І. Зацерковний // Вісник ЧДТУ. Серія “Технічні науки”. – 2012. – №1 (55). – С.186-193.
- Комплексна міська цільова програма “Електронна столиця” на 2015-2018 роки: затверджена рішенням Київської міської ради від 02 липня 2015 №654/15.
- Концепція “Kyiv Smart City 2020” [Електронний ресурс]. URL: <https://www.kyivsmartcity.com/concept/4/2018>.
- Про Стратегію сталого розвитку “Україна – 2020”. Указ Президента України від 12.01.2015 р. № 5/2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>.
- Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.01. 2018 р. № 67-р. “Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації”: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/>.
- Kyiv Smart City [Електронний ресурс]. URL: <https://www.kyivsmartcity.com/>.
- Світличний О.О. Основи ГІС // О.О. Світличний, С.В. Плотницький. – Суми: Університетська книга, 2016. – 296 с.

GEOINFORMATION SYSTEMS TO ENSURE EFFICIENT FUNCTIONING OF MAJOR CITIES IN UKRAINE

Kizlo L., Trozenko A. , Vilguh D.

The advantages and disadvantages of using information technologies with the use of geoinformation systems to create a “smart city” network are considered during the theoretical study. The world tendencies of their implementation in the system of functioning of large cities infrastructure in Ukraine are determined.

For this purpose, the essence of the concepts was considered and revealed: geoinformation systems; “Smart city”; smart city technologies; identified priority areas and technologies for providing infrastructure for large cities; prospects for the development of individual “smart” industries in Ukrainian cities are explored and recommendations are made on the possibility of implementing best foreign practices.

Keywords: geoinformation systems; Information Technology; “smart city” system “smart networks”; smartphone; digital transformation of data; on-line platform; European integration; automated methods of spatial analysis; Software.

УДК 621.391

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОМПЛЕКСНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛАХ

Щавінський Ю., Кузнецов В., Щерба А.,
Ніколаєв С., Козлинський М.

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного, м. Львів

На основі аналізу тенденцій сучасного розвитку геоінформаційних систем і їх застосування в підрозділах і частинах ракетних військ і артилерії визначені основні шляхи створення інтелектуальних комплексних навігаційних систем в артилерійських підрозділах з метою підвищення ефективності їх топогеодезичного забезпечення.

Ключові слова: комплексні навігаційні системи; топогеодезичне забезпечення; геоінформаційні системи.

Вступ

У існуючих сьогодні методах навігації, які реалізовані в засобах топогеодезичної прив'язки військових частин і підрозділів, мають місце як переваги так і певні недоліки. Тенденцією останніх десятиліть стало широке використання апаратури супутникових навігаційних систем (СНС), що можуть забезпечувати систему управління артилерійських підрозділів (АП) і частин високоточними навігаційними даними. Разом з тим, СНС, як радіотехнічні системи, мають низьку захищеність від організованого радіоелектронного впливу і можуть бути виведені з ладу засобами радіоелектронної боротьби. Через можливість короточасної втрати сигналів супутників ці системи не можуть забезпечити необхідного рівня надійності навігаційних вимірювань за такими показниками як цілісність, доступність і безперервність. Тому СНС не можуть розглядатись як основне джерело навігаційної інформації для систем управління вогнем АП.

Інерціальні навігаційні системи (ІНС), як найбільш інформативні системи, дозволяють одержувати всю сукупність необхідних параметрів АС, включаючи кутову орієнтацію. При цьому такі системи цілком автономні, для їх нормального функціонування не потрібно використання будь-якої інформації від інших систем. Перевагою цих систем є висока швидкість надання інформації. Разом з тим, інерціальним системам притаманні недоліки, що не дозволя-

ють використовувати їх тривалий час в автономному режимі. Вимірювальним елементам ІНС, насамперед, гіроскопам і акселерометрам, притаманні власні методичні й інструментальні похибки, початкові дані не можуть бути введені абсолютно точно, обчислювач, що входить до складу ІНС, вносить свої похибки. Під впливом цих факторів отримана від ІНС інформація буде містити похибки, які викликані впливом цих збурень, які з часом збільшуються. Тому сьогодні є актуальним визначення шляхів усунення похибок, що притаманні різним системам навігації, що використовуються в АП шляхом взаємного корегування даних, отриманих від СНС і ІНС.

Аналіз останніх досліджень

Проблемі взаємної корекції похибок систем навігації присвячено багато досліджень. У роботах [Бабак В. П (2004), Філяшкін М. К. (2009)] розглянуті методи комплексування навігаційних вимірників на основі взаємної компенсації і фільтрації їх похибок із застосуванням оптимальних стохастичних методів оцінювання сигналів вимірників. Застосування оптимальних методів вимагає наявності адекватних математичних моделей похибок вимірювань та їх статистичних характеристик.

У роботі [В.М. Васильєв, В.О. Рогожин, Б.І. Долінце (2013)] проведено дослідження похибок комплексної навігаційної системи, побудованої за схемою корекції сигналів. Отримані результати показують, що в усталеному режимі роботи характеристики комплексної навігаційної системи дозволяють з достатньою точністю забезпечувати вирішення навігаційних завдань. Однак перехідний процес установки усталеного значення похибок досить тривалий, що потребує певного часу для виставлення комплексної системи до заданої точності роботи та не забезпечує необхідної оперативності топогеодезичного забезпечення АП.

В роботі [Krivovyaz, A. (2015)] проаналізовані методи підвищення завадозахищеності супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) для навігації і топогеодезичної прив'язки наземних рухомих об'єктів (НРО). Наведено порівняльні характеристики запропонованих методів підвищення завадозахищеності СРНС. Запропоновано варіанти побудови автономних навігаційних систем (АНС) та обґрунтована доцільність комплексування СРНС і АНС.

Проведений аналіз зазначених літературних джерел та інформаційно – аналітичних матеріалів свідчить про перспективність і акту-

альність комплексування в сучасних умовах СНС і ІНС, що відповідає завданням удосконалення озброєння та військової техніки, зазначеному в Розпорядженні Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 р. № 398-р «Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період».

Мета статті

Виходячи із проведеного аналізу, метою статті є визначення основних напрямків комплексування навігаційних систем з метою корекції похибок та підвищення оперативності топогеодезичного забезпечення АП.

Основний матеріал

В артилерійських частинах і підрозділах сьогодні основними засобами ІНС для топогеодезичної прив'язки позицій і постів вогневих засобів та спостережних пунктів є автономна навігаційна апаратура 1Т121, 1Т128, яка установлена на командирських машинах, рухомих розвідувальних пунктах, засобах артилерійської розвідки. Обмежені тактико-технічні характеристики не дозволяють їх використовувати з потрібною точністю для повної підготовки протягом тривалого та на великі відстані часу (довжині ходу не більше 3 км та часу роботи не більше 20 хв) з причини дрейфу гіроскопу та накопичення похибки з часом руху. Одним із шляхів вирішення даної проблеми було вибір проміжних контрольних точок на маршруті руху для перевірки і корегування показників. При цьому затрачувався додатковий час, що не припустимо в умовах високомобільних бойових дій.

З розгортанням глобальних супутникових радіонавігаційних систем GPS, ГЛОНАСС, GALILEO та розробкою наземних приймачів супутникових навігаційних сигналів і оснащенням ними військових підрозділів і частин появилась можливість удосконалення топогеодезичного забезпечення.

В 2007 році на озброєння Збройних сил України було прийнято навігаційний комплекс СН-3210 «Базальт-К» виробництва ДП «Оризон-Навігація», з 2017 – комплекс СН-4003.

14-18 жовтня 2013 року спеціалістами Наукового центру Сухопутних військ і Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного за участі представників ДП «Оризон-Навігація» були проведені випробування нового комплексу навігаційної апаратури на базі 152-мм самохідної гаубиці 2С3 «Акація». До складу комплексу СН-4003 входять приймач навігаційний, лазерний прилад розвідки (ЛПР-Ф), компас електронний. Середня квадратична похибка визначення координат місцеперебування комп-

лексу не перевищує 10 м, у диференційному режимі – 5 м, висоти – 15 м.

Висока точність визначення координат значно підвищила ефективність топогеодезичного забезпечення АП. Разом з тим, за досвідом антитерористичної операції, виявлені випадки внесення систематичних похибок СНС, який називають “спуфінгом”. Крім того, інтенсивність супутникового навігаційного сигналу на поверхні Землі становить 10-16 Вт і будь-який слабкий сигнал, що перевищує цей рівень, може призвести до неправильної оцінки координат [К. Герасименко (2015)].

Специфіка обробки інформації комплексованих систем на основі СНС та ІНС полягає в тому, що інформація обробляється єдиним алгоритмом, як правило, це фільтр Калмана високих порядків. Його робота полягає в рекурентному уточненні навігаційних параметрів комплексної навігаційної системи шляхом обробки зашумлених спостережень протягом певного часу і дозволяє отримати оцінку потрібних навігаційних параметрів з необхідною точністю [Ф.Захарін (2011), В. Синеглазов (2015)]. Як показано в роботі [Д. Доронин (2012)], така інтегрована навігаційна система дозволяє зменшити систематичні похибки ІНС приблизно на порядок. Але для цього необхідно забезпечити тривалість безперервного сеансу отримання інформації СНС більше 150 с. У цьому випадку для обробки інформації використовувався фільтр Калмана 25 порядку і відповідної потужності комп'ютер. Це забезпечить фільтрацію зашумлених даних з давачів СНС та дозволить використовувати інформацію з різних давачів, які вимірюють однакові величини. Ще одною перевагою фільтра Калмана є оцінка поточних похибок в реальному масштабі часу.

В практичних додатках, де використовується комплексування ІНС з GPS, подальша обробка навігаційної інформації проводиться за допомогою нелінійного фільтра Калмана (НФК), який передбачає лінеаризацію моделі похибок ІНС за допомогою ряду Тейлора, що приводить теж до деяких похибок. Найбільш повно врахувати всі особливості характеру зміни конкретної ІНС можливо при побудові нелінійної моделі за допомогою застосування одного з еволюційних методів – генетичного алгоритму, суть якого показана на рис.1.

Ефективність цього алгоритму оцінювання доведена при проведенні напівнатурного експерименту [Цибизова Т. (2020)] з навігаційною системою КИНД34-059 та результати наведені в табл. 1.

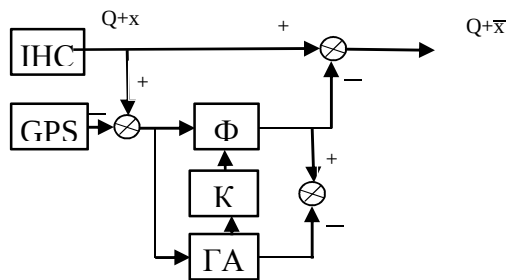


Рис. 1 Схема корекції ІНС з використанням генетичного алгоритму: ІНС – інерціальна навігаційна система; GPS – система глобального позиціонування; ФК – фільтр Калмана; ГА – генетичний алгоритм; К – критерій – індикатор розбіжність процесу оцінювання; $\bar{x}$ – справжня навігаційна інформація; x – справжні помилки ІНС; $\bar{x}$ – оцінки помилок ІНС

Таблиця 1

Величина похибок

Алгоритми ІНС	Похибки, повздовжня складова, м	Похибки поперечна складова, м
Лінійний фільтр Калмана	77	83
Нелінійний фільтр Калмана	44	28
Неінійний фільтр Калмана з генетичним алгоритмом (ГА)	2,8	1,3

Аналіз таблиці дає змогу зробити висновок про необхідність застосування еволюційних алгоритмів у поєднанні з загальновідомими методами лінійних фільтрів Калана для корекції ІНС в якості алгоритму обробки інформації.

Одним із варіантів вирішення проблеми «спуфінгу» в СНС є застосування кореляційного аналізу для перевірки спотворень.

Таким чином, для успішного рішення завдань топогеодезичного забезпечення артилерійських частин і підрозділів повинні використовуватись комплексні методи обробки інформації в навігаційних системах, що поєднують в єдине ціле кілька навігаційних пристроїв з різними принципами роботи.

Висновки

Об'єднання ІНС, СНС та інших систем дозволяє створити комплекс нової якості, який має всі переваги складових його підсистем.

Застосування передових алгоритмів дозволить вирішити проблеми точності та спотворення інформації в умовах радіоелектронної боротьби.

В результаті такого комплексування методів обробки навігаційної інформації досягаються: підвищення точності визначення координат, висоти, швидкості і часу АС; уточнення дирек-

ційних кутів наведення АС та кутів осі командирських машин в русі; оцінка й уточнення параметрів калібрування навігаційних датчиків, таких, як дрейфи гіроскопів, масштабні коефіцієнти, зсуви акселерометрів тощо; забезпечення на цій основі безперервності навігаційних визначень на всіх етапах руху, у тому числі і при тимчасовій непрацездатності приймача СНС у випадках впливу завад або відсутності супутників в зоні видимості; поліпшення характеристик цілісності топогеодезичного забезпечення АП забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бабак В. П. (2004) Супутникова радіонавігація / В. П. Бабак, В. В. Конін, В. П. Харченко // навч. пос. – К. : Техніка, 2004. – 328 с.
- Васильєв В.М. (2013) Дослідження похибок інерціально-супутникової навігаційної системи / В.М. Васильєв, В.О. Рогожин, Б.І. Долінце // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 3(12). – С. 139-143.
- Герасименко К. В. (2015) Аналіз способів подавлення сигналів супутникових радіонавігаційних систем навмисними перешкодами // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – Вип. 44. – С. 61-63. – ISSN 2518-1580
- Захарін Ф. М. (2011) Алгоритмічне забезпечення інерціально-супутникових систем навігації / Захарін Ф. М., Синеглазов В. М., Філяшкін М.//К.:моногр. К.: НАУ, 2011. 320 с.
- Синеглазов В. М. (2015) Теоретические основы проектирования интегрированных навигационных комплексов беспилотных летательных аппаратов /Синеглазов В. М., Захарин Ф. / М.: моногр. К. : Освіта України,- 2015. 340 с.
- Філяшкін К. М. (2009) Інерціально-супутникові навігаційні системи / К. М. Філяшкін В. О. Рогожин, А. В. Скрипеч, Т. І. Лукінова // Навч. пос. для вузів – К. : НАУ, 2009. – 296 с.
- Цибизова Т.Ю., (2020) Исследование алгоритмов оценивания в задаче коррекции навигационных систем летательных аппаратов. / Цибизова Т.Ю., Шэнь Кай, Неусыпин К.А. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-2. – С. 301-305; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38560> (дата звернення: 24.02.2020).

MAIN DIRECTIONS OF THE CREATION OF INTELLECTUAL COMPLEX NAVIGATION SYSTEMS IN ARTILLERY UNITS

Schavinsky Yu., Kuznetsov V., Shcherba A., Nikolaev S., Kozlinsky M.

On the basis of the analysis of tendencies of modern development of geoinformation systems and their application in units and units of rocket troops and artillery, the main ways of creation of intelligent complex navigation systems in artillery units have been determined in order to increase the efficiency of their topogeodetic support.

Key words: complex navigation systems; topogeodetic support; geoinformation systems.

УДК 378.004

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇЇ ДАНИХ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

Радзіковський¹ С., Середенко¹ М.

1. Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

Аналізуючи процес активної технізації військової сфери, внаслідок чого виникли та сформувалися такі види технічної розвідки, як радіотехнічна, радіолокаційна, повітряна, космічна, радіорозвідка та інші, на основі геоінформації широке застосування отримала геопросторова розвідка (ГПР), сучасні тенденції розвитку систем якої залежать не стільки від людського фактору, скільки від наявної апаратури та її можливостей.

Ключові слова: геоінформатика; геоінформаційний підхід; інформаційно-ресурсна модель; геопросторова розвідка; компонента; космічні апарати; органи військового управління.

Вступ

Сучасний досвід військових конфліктів та бойові дії в районі проведення операції Об'єднаних сил (ООС) на сході держави переконливо свідчать, що ефективність виконання підрозділами бойових завдань і зусилля, які до цього прикладаються, перебувають у прямій залежності від оперативності, достовірності та повноти забезпечення органів військового управління (ОВУ) всіх рівнів, особливо на стратегічному та оперативному рівнях, відповідною розвідувальною інформацією, в тому числі інформацією щодо місцевості та об'єктів на ній, тобто мова іде про використання даних геоінформатики. Тому сучасні тенденції розвитку систем геопросторової розвідки в Збройних Силах (ЗС) України є **актуальними**.

Вирішенню проблем вдосконалення системи розвідувально-інформаційного забезпечення ЗС України слід надати державної ваги та об'єднати зусилля сил оборони країни.

Аналіз останніх досліджень

У роботах [Иванников, Кулагин, Тихонов (2001), Савиных, Цветков (2001), Плет (1997)] вказано, що в геоінформатиці предметом дослідження та моделювання виступає об'єкт навколишнього простору, система, процес, розв'язання завдання, прогнозоване оцінювання.

Автори [Попов, Серединін (2009), Меншаков (2009)] розкривають процедуру отримання більшості матеріалів системами повітряної і космічної розвідки, подальше проходження архівації, описання та збереження у відомчих банках даних для майбутнього використання за відповідними запитами.

Завдяки високоякісній первинній інформації і потужному аналітичному блоку органи ГПР здатні будувати та надавати у зручному для сприйняття вигляді узагальнену операційну картину (Common Operational Picture), а також адаптувати її форму до вимог замовників. Все це дає можливість ОВУ різних рівнів відчувати впевненість під час оцінювання поточної обстановки, сил і намірів противника та ухвалювати рішення адекватні ситуації [Persistent Intelligence (2007)].

Особливе місце серед завдань ГПР обіймає геопросторова підготовка операційного середовища [Joint Intelligence Preparation (2009)], яка включає систематизацію та узагальнення різноманітних матеріалів стосовно території розміщення військ або бойових дій, розроблення інформаційно-аналітичних документів щодо бойових можливостей, озброєння та матеріально-технічних ресурсів противника, його можливих ударів і загроз, а також розроблення рекомендацій щодо доцільного застосування своїх військ.

Оскільки бойові, антитерористичні, миротворчі та інші операції найчастіше проводяться у взаємодії з військовими контингентами кількох країн і підрозділами різних видів (родів) військ, на структури ГПР покладені завдання [National System for Geospatial Intelligence (2006), Geospatial Intelligence Support to Joint Operations (2007)]:

- інформування щодо загроз і небезпек;
- забезпечення безпеки навігації у всьому фізичному просторі;
- інформування щодо стану операційного середовища;
- забезпечення даними на всіх етапах операції;
- розвідка цілей, оцінювання ступеня їх важливості та часу дії.

Проведений аналіз зазначених літературних джерел та інформаційно-аналітичних матеріалів у сфері геопросторової розвідки свідчить, що комплексне застосування програмних систем оброблення зображень і геоінформатики дозволяє створити якісний кінцевий інформаційний продукт для управління військами. Завдяки цьому за останні десятиліття системи ГПР обіймали важливе місце в забезпеченні воєнно-політичного керівництва розвинених країн, ОВУ всіх рівнів всебічною та надійною інформацією щодо об'єктів інтересу.

Метою статті є розгляд та аналіз сучасних тенденцій розвитку систем геопросторової розвідки, а також особливості використання бази даних ГПР в інтересах ЗС України в умовах ведення “гібридної” війни з Російською Федерацією.

Основний матеріал

Базовою категорією в геоінформатиці є метод просторово-часових відношень, тому відомості щодо будь-якого об’єкту досліджень у загальному вигляді мають подаватися як сукупність трьох компонент – тематичної, позиційної і часової. Перша є атрибутом об’єкту як предметної області (його назва, клас, поточний стан, функціональні зв’язки з іншими об’єктами), основними вимогами до якої мають бути достовірність і повнота. Друга компонента визначає місцезнаходження об’єкта на земній поверхні або в тривимірному просторі у визначеній системі координат, основна вимога до якої – точність (положення об’єкта в системі координат і відносно інших об’єктів). Третя компонента фіксує той момент або інтервал часу, коли визначалися атрибути об’єкту та його місцезнаходження, основна вимога до якої – актуальність (дані мають відповідати періоду часу, коли виконується завдання). Тематична, позиційна та часова компоненти разом складають набір даних щодо об’єкту. При цьому важливо, щоб набір даних супроводжувався ще однією інформаційною одиницею – метаданими, які містять інформацію відносно засобів та умов отримання даних, а також об’єднують компоненти в єдину інформаційну модель даних про об’єкт, що суттєво спрощує процедури комп’ютерного аналізу та інтегрування даних.

Геоінформаційний підхід базується на інформаційно-ресурсній моделі (рис. 1), входом до якої є набори даних про об’єкт, що моделюється. Кожний з цих наборів може формуватися окремим джерелом, тому в загальному вигляді взаємні зв’язки між наборами даних відсутні.

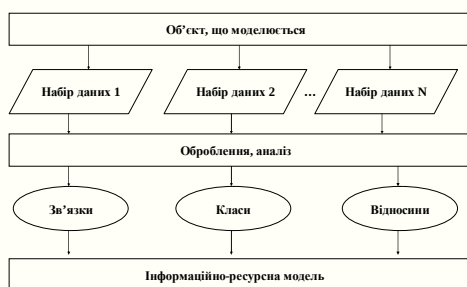


Рис.1. Інформаційно-ресурсна модель даних.

В ході побудови інформаційно-ресурсної моделі об’єкту передбачається, що існує деякий активний механізм, здатний обробляти та комплексно аналізувати вхідні набори даних, встановлювати зв’язки та відносини між ними, класифікувати та виконувати низку інших семантичних операцій. Сукупність подібних операцій дає можливість перетворити незалежні між собою набори даних на систему пов’язаних даних, тобто отримати інформаційно-ресурсну модель.

Механізм є активним у тому розумінні, що він дає можливість удосконалювати побудовану модель, якщо вона під час перевірки не задовольняє задані зовнішні критерії. Для такої оптимізації не потрібно чекати на надходження нових даних – удосконалення створеної моделі можна вести за рахунок внутрішнього механізму, що саме і є ресурсністю моделі. Здатність моделі до послідовного вдосконалення означає також, що за її допомогою можна описувати, моделювати, аналізувати не тільки статичні об’єкти, але і процеси та їх поведінку в часі. На основі інформаційно-ресурсної моделі здійснюються комплексування та аналіз різнотипних даних в ГПР, технологічну схему якої наведено на рис. 2.



Рис. 2. Технологічна схема проведення ГПР.

Розглянемо зміст кожного етапу технологічної схеми ГПР.

1) Планування. ГПР готує пропозиції для ухвалення рішень військовим керівництвом, починаючи зі стратегічного рівня, тому саме на цьому рівні видаються розпорядження стосовно розвідки та здійснюється координація діяльності відповідних структур. Під час планування видаються завдання службам (сервісам) ГПР, складається перелік необхідних розвідувальних та інших даних, обґрунтовуються вимоги до даних, термінів і форматів їх надання, окреслюються межі території інтересу. Також формуються та передаються до органів повітряної і космічної розвідки заявки (польотні завдання) на зйомку визначених площ і маршрутів, замовляється потрібна видова, геопросторова та параметрична інформація.

2) Збирання даних. Повітряна розвідка здатна виконувати завдання будь-якого рівня – від тактичного до стратегічного рівня – і має багато інших переваг, відповідно на сьогодні вона є важливим інструментом отримання розвідувальних даних. Але виконання польотних завдань для розвідки іноді потребує заходження літаків-розвідників у повітряний простір інших країн, де суттєво зростає загроза їх безпеці, ускладнюється зв’язок, навігація, а також можуть виникати інші проблеми.

Подібні проблеми мають простіший шлях вирішення у разі використання засобів космічної

розвідки, оскільки космос є загальнодоступним міжнародним простором, тобто жодна країна не має виключних прав на будь-яку його частину [United Nations Treaties and Principles on Outer Space (1999)]. Проте можливість мати розвідувальні космічні апарати (КА) для отримання високоякісних знімків земної поверхні з метою виявлення та розпізнавання на ній об'єктів тривалий час могли собі дозволити тільки США і СРСР, тому що мали для цього достатній науково-технічний потенціал і належні матеріально-технічні ресурси.

За всіх численних переваг систем оптико-електронної розвідки та спостереження їм притаманний суттєвий недолік – вони здатні формувати зображення місцевості тільки в умовах достатньо прозорої, безхмарної атмосфери. Проте подібні природні чинники не є перешкодою для проходження радіовипромінювань, тому фахівцями все більше уваги приділяється всепогодним аерокосмічним системам видової радіолокаційної розвідки.

3) Інтегрування, оброблення даних. Одна з головних функцій ГПР – сприяти ОВУ у формуванні цілісного погляду на операційне середовище, бо тільки усвідомлення загальної картини дозволяє найбільш правильно застосовувати наявний військовий потенціал і своєчасно ухвалювати управлінські рішення. Інтегрування даних на базі інформаційно-ресурсної моделі означає: гармонізацію типів, описів і форматів наданих даних; зведення геопросторових даних до масштабного ряду та єдиної часової шкали; прив'язування геопросторових даних єдиної координатної сітки (системи географічних координат); створення карти оперативного-об'єктової обстановки на основі прийнятого класифікатора географічних об'єктів і в стандартизованих умовних позначеннях тощо.

4) Кінцевий інформаційний продукт. Стандартний кінцевий продукт – це космічний знімок деякого рівня оброблення з легендою або карта, створена на його основі. Але інформаційні документи ГПР потрібні не тільки в ході підготовки та проведення бойових операцій, вони можуть замовлятися для використання в навігації, гідрографії, завданнях точного позиціонування, оцінювання наслідків надзвичайних ситуацій, в геодезії, геології, екології тощо. Тоді виникає потреба у створенні спеціального продукту.

З моменту створення перших структур геопросторової розвідки минуло 25 років. За цей час ГПР довела свою актуальність та ефективність в діяльності військ різних країн, у тому числі під час планування та проведення військових операцій коаліційних військ в Афганістані, Іраку, Лівії, Сирії. Цей досвід вивчається військовими фахівцями, а на основі їх рекомен-

дацій методи організації і ведення ГПР, її інструментарій постійно вдосконалюються. Накопичено певний матеріал для того, щоб зробити об'єктивні висновки щодо стану систем ГПР та виокремити сучасні тенденції її подальшого розвитку.

Перша тенденція. Найпотужнішу штатну структуру ГПР створено в США. Функції головного координатора забезпечення збройних сил необхідними геопросторовими продуктами покладені на Національне агентство геопросторової розвідки NGA (National Geospatial Intelligence Agency), яке підпорядковане безпосередньо міністру оборони США (Secretary of Defence) і є членом Національного розвідувального співтовариства (National Intelligence Community). Крім того, NGA своїми геопросторовими та аналітичними матеріалами допомагає відповідним структурам виконувати завдання національної оборони та безпеки, здійснює консультативну та безпосередню технічну допомогу Об'єднаним військовим розвідувальним центрам (Combatant Command's Joint Intelligence Operations Center). У кожному виді американських збройних сил функціонують свої служби ГПР (services), що здатні виготовляти як стандартні, так і спеціальні геоінформаційні продукти. На NGA покладені функції надання геопросторової інформації для виконання завдань, пов'язаних з безпекою навігації в масштабах країни. Через NGA передаються матеріали зробленої космічної зйомки, в тому числі американськими комерційними КА, в інші країни.

Друга тенденція. Поступово збільшується сумарна кількість діючих місій КА для отримання видової інформації, що зв'язано із сучасними технологіями створення конструкцій апаратів і бортових сенсорів з більшими строками функціонування в космосі. Разом з тим, розширюється коло країн, які запускають власні супутники для отримання видової космічної інформації високого просторового розрізнення, серед них є такі, що мають певні територіальні або політико-економічні проблеми з сусідами – Росія, Китай, Ізраїль, Японія, Північна Корея.

Третя тенденція. Суттєвий прорив за останні роки досягнуто у підвищенні просторової розрізненості космічних радіолокаційних знімків, детальна якість яких наближена до межі, що визначається фізичними законами.

Четверта тенденція. Провідні держави світу для постійного відстеження воєнно-об'єктової обстановки створюють космічні угруповання, які дають можливість знімати будь-яку ділянку території земної кулі з необхідною періодичністю, до кількох разів на добу.

П'ята тенденція. Виявити та інтерпретувати стан військових об'єктів, особливо замаскованих,

дозволяють аерокосмічні багато- або гіперспектральні знімки. Проте останні, зроблені з космічної висоти, поки мають детальність на місцевості, що не дозволяє виявляти та дешифрувати об'єкти тактичної розвідки та значну частину оперативно-тактичних об'єктів. Багатьма компаніями розробляються нові гіперспектральні сенсори з покращеними тактико-технічними характеристиками, що задовольняють розвідку.

Шоста тенденція. В операціях збройних сил повітряна розвідка здійснюється як пілотованими літаками-розвідниками, так і безпілотними літальними апаратами (БПЛА), причому останні залучаються значно більше та частіше.

Сьома тенденція. Незмінна увага членами геопросторового розвідувального співтовариства приділяється підвищенню оперативності та надійності доставляння інформаційних продуктів до ОВУ на місцях.

Характерними недоліками у сучасному стані використання геопросторової інформації в ЗС України є:

відсутність нормативної та організаційно-методичної документації стосовно створення, впровадження та функціонування ГПР ЗС України;

недостатність сучасних потужних засобів автоматизації, що стримує подальше широке використання даних ГПР для забезпечення навчально-бойової діяльності військ (сил);

невідповідність обсягів проведення дослідно-конструкторських робіт щодо розробки та впровадження військових геосистем змісту та обсягу завдань, що будуть вирішуватися за їх допомогою тощо.

Висновки

1. Унікальними досягненнями ГПР є можливість проведення всебічного геопросторового аналізу операційного середовища, точність і достовірність аналітичних оцінок, простота та наочність надання даних. Особлива роль відводиться ГПР в ході підготовки та проведення військових та інших видів операцій збройними силами.

2. У статті розглянуто геоінформаційний підхід, який є методологічною основою аналізу розвідувальних даних у ГПР, наведено функції та основні завдання ГПР в операціях збройних сил. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку систем геопросторової розвідки.

3. За подальшого вдосконалення системи розвідувально-інформаційного забезпечення ЗС України слід приділити належну увагу розробленню української “дорожньої карти” та її невідкладної реалізації об'єднаними зусиллями сил оборони держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. (2001) Геоинформатика. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.
- Меньшаков Ю.К. (2009) Виды и средства иностранных технических разведок / Под ред. М.П. Сычова. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 656 с.
- Плет В. (1997) Стратегическая разведка: основные принципы. Пер. с англ. – М.: Изд. дом “Форум”, 1997. – 376 с.
- Попов М.О., Серединін Є.С. (2009) Геоінформаційні системи та технології в завданнях оборони та національної безпеки // Наука і оборона. – 2009. – № 3. – С. 49–56.
- Савиных В.П., Цветков В.Я. (2001) Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2001. – 228 с.
- Geospatial Intelligence Support to Joint Operations (2007) // Department of Defense, JP 2-03. – 22 March 2007. – 135 p.
- Joint Intelligence Preparation of the Operational Environment // Department of Defense, JP 2-01.3. – 16 June 2009. – 285 p.
- National System for Geospatial Intelligence (2006). Geospatial Intelligence (GEOINT) Basic Doctrine // Department of Defense, Publication 1-0. September 2006. Office of National Geospatial- Intelligence Management. – 52 p.
- Persistent Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (2009): Planning and Direction // Joint Integrating Concept, Version 1.0.29 March 2007. – Department of Defense, USA. – 29 p.
- United Nations Treaties and Principles on Outer Space (1999): UN document A/AC.105/722, A/CONF.184/BP/15, UN, Vienna, 1999. – P. 3–7.

MODERN PROGRESS OF SYSTEMS OF GEOSPACIOUSNESS SECRET SERVICE AND USE OF ITS INFORMATION TRENDS ARE IN ARMY OF UKRAINE

Radzirovskyy S., Seredenko M.

Analysing the process of active technization of military sphere, as a result there were and formed such types of technical secret service, as a radio engineering, radiolokational, air, space, radiorreconoitre et al, on the basis of geoinformation wide application was got by geospaciousness secret service (GSS), modern progress of the systems of which trends depend not so much on a human factor, skill'ki from a present apparatus and its possibilities.

Keywords: geoinformation technology; geo-informationally approach; informatively resource model; geospaciousness secret service; component; space vehicles; bodies of military management.

УДК 621.396

ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОВЕДІНКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Петлюк¹ І., Волочій¹ Б., Аборін¹ В.,
Оліярник¹ Б., Шкілюк² О.

1. Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів
2. Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів

Одним із напрямків підвищення якості ведення розвідки стало створення нових комплексів моніторингу наземної обстановки – універсальних розвідувальних комплексів. Універсальні розвідувальні комплекси (УРК), повинні ефективно вести розвідку об'єктів (цілей) противника в умовах швидкоплинних бойових дій, динамічної зміни обстановки, активної радіоелектронної протидії зі сторони противника та управляти вогнем артилерії при виконанні бойових завдань.

Ключові слова: універсальний розвідувальний комплекс; системи розвідки; інформаційно-керуюча система; викриття об'єктів (цілей); алгоритм поведінки УРК.

Вступ

До складу перспективних УРК повинні входити різні за функціональністю системи розвідки (пасивні та активні). Пасивними є: акустична (Ак), оптична (Опт), оптико-електронна (ОЕС) та тепловізійна (ТПВ) системи. Активними є: радіолокаційна система (РЛС) та встановлена на безпілотний літальний апарат (БпЛА) ОЕС.

Таким чином, перспективні УРК розробляються, щоб викривати (виявляти, розпізнавати та ідентифікувати) рухомі та нерухомі об'єкти (проводити контроль стрільби по цілях) противника за допомогою систем спостереження, які у ньому використовуються. Взаємодію цих систем забезпечує інформаційно-керуюча система. Оскільки інформаційно-керуюча система (ІКС) забезпечує успішне виконання завдання УРК, то визначення показників ефективності УРК ще на етапі її системотехнічного проектування до початку практичної реалізації прототипу УРК є дуже важливим завданням. Даний напрям досліджень у військовій сфері є **актуальним**.

Аналіз останніх досліджень

Завдання, які повинен виконувати УРК та з якою ефективністю, можна вирішити на основі

моделі алгоритму поведінки УРК. В роботах [Петлюк, Шкілюк (2018)] представлено алгоритм поведінки (АП) – це формалізоване представлення логіки використання інформації складових засобів розвідки УРК при виконанні поставленого завдання, що складається з послідовності певних процедур. При цьому показником ефективності УРК є імовірність успішного виконання завдання за обумовлений інтервал часу. Під успішним виконанням завдання розуміємо виявлення і розпізнавання об'єкта, який перебуває на контрольованій території

Для вибору варіанта реалізації УРК використано [Belyaev, Volochiy., Ozirkovskiy, Pavlov (1998) Fedasyuk, Volochiy (2015)] та розроблені [Петлюк, Зубков, Петлюк (2016) Петлюк, Шкілюк (2018)] моделі, методи та програмне забезпечення, які дозволили отримати достовірні результати за час відведений для етапу системотехнічного проектування.

Мета статті

Визначити алгоритмічні шляхи поведінки каналів дистанційного моніторингу наземної обстановки (оптичного, інфрачервоного і радіодіапазонів) в рамках інтегрованої апаратурної структури УРК в середніх умовах.

Основний матеріал

Метод імітаційного комп'ютерного моделювання дозволяє розв'язувати завдання аналізу великих систем, включаючи завдання оцінювання: варіантів структури системи; ефективності різних алгоритмів керування системою або її поведінки; впливу зміни різних параметрів системи [Papadopoulos, McDermid, Sasse, Heiner (2001)].

Однак, розроблення кожної імітаційної моделі (моделюючих алгоритмів для аналізу фіксованої системи) є окремим завданням, яка потребує значних часових затрат і не є гнучким при модифікації АП. Також зазначений підхід не дає можливості дослідити поведінку складної системи в кожному стані зокрема.

Альтернативним методом для аналізу алгоритмів поведінки є метод простору станів, який дає змогу будувати дискретно-неперервні стохастичні моделі. Інформацію про об'єкт дослідження модель дає у вигляді розподілу ймовірностей перебування в станах для заданого значення тривалості експлуатації. Для застосування методу простору станів доцільно використати технологію моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем [Volochiy, Ozirkovskiy, Shkiliuk, Mashchak (2014), Петлюк (2018), Петлюк, Шкілюк (2019) Papado-

poulos, McDermid, Sasse, Heiner (2001)]. Ця технологія дає змогу автоматизовано будувати модель алгоритму поведінки, яка враховує особливості радіоелектронних систем короткотривалого використання та уможливує здійснення синтезу АП через багатоваріантний аналіз.

Суть цієї технології полягає в представленні об'єкта дослідження за допомогою структурно-автоматної моделі, яка містить три множини даних: вектор станів (відображає суть кожного стану), множину формальних параметрів (відображає структуру об'єкта, можливості процедур та характеризує потоки подій) та дерево правил модифікації компонент вектора стану (відображає поведінку об'єкта при обраній структурі). Структурно-автоматна модель формалізовано відтворює поведінку складної системи і за допомогою спеціального алгоритму дає змогу отримати граф станів і переходів, інцидентний її поведінці.

Наявний програмний засіб ASNA, створений на основі цієї технології, дозволяє розв'язувати завдання багатоваріантного аналізу алгоритмів поведінки складних систем. Він

автоматизує процес побудови графа станів і переходів та формування аналітичної моделі у вигляді системи диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена, порядок якої визначається кількістю станів. Під час використання цієї технології проєктант має змогу сам вибирати наскільки повно йому необхідно враховувати процеси, що протікають в системі. Гранична можливість деталізації опису поведінки УРК короткотривалого використання не обмежена і визначається відомою інформацією про нього. Розробленню алгоритму поведінки УРК передував аналіз ймовірних варіантів умов його застосування для моніторингу наземної обстановки [Петлюк (2013), Петлюк, Беляков (2014), Петлюк (2015), Петлюк, Зубков (2016), Мокрицький (2018)]. В таблиці 1 поданий варіант умов застосування УРК та показані рекомендації щодо комплексування методів і засобів розвідки. Згідно приведеного варіанту умов застосування УРК розроблено алгоритм його поведінки. Основною вимогою до АП є мінімальне за тривалістю використання активних засобів розвідки.

Таблиця 1

Варіант обстановки, в якому буде використовуватись УРК

Номер варіанту	Умови	Прилади розвідки
Варіант використання УРК	Умови середні (атмосфера напівпрозора, незначна турбулентність атмосфери, видимість у межах допустимих норм, можлива димка).	Артилерійська розвідка ведеться пасивними приладами розвідки (оптичними, оптико-електронними, акустичними, тепловізійними, телевізійними). На деякому з етапів на короткий термін застосовується активний прилад розвідки (РЛС) для дорозвідки об'єктів (цілей) противника. <i>Пріоритет надавався оптичним та оптико-електронним приладам. БПЛА використано для розвідки резервів противника.</i>

Алгоритм поведінки УРК в середніх умовах його використання складається з 14 операційних блоків (один з них – початок, два – кінцеві) та три перевіряючих блоки. Цей алгоритм поведінки включає два цикли – для вибору засобу дорозвідки та для вибору засобу підтвердження об'єкта. Алгоритм поведінки УРК передбачає використання таких процедур: вибір засобу розвідки, застосування БПЛА, застосування РЛС, застосування ОЕП, застосування Опт, застосування Аку, застосування ТПВ, виявлення та орієнтація, передавання даних, розпізнавання та ідентифікація, передавання даних на пульт керування, вибір засобу для дорозвідки, вибір засобу для

підтвердження. Розроблений алгоритм поведінки УРК покладений в основу розроблення програмного забезпечення для інформаційно-керуючої системи. Призначення інформаційно-керуючої системи – автоматизувати процес виконання завдання УРК.

Для алгоритму поведінки УРК слід задати вхідні дані, що містять показники функціональності засобів розвідки для кожного засобу та описують характер їхньої взаємодії. Відповідно до блок-схеми алгоритму поведінки УРК позначимо параметри операційних та перевіряючих блоків як показники функціональності його складових (табл. 2).

Таблиця 2

Показники функціональності засобів розвідки УРК

Позначення показників	Назва показників
p_Acu	Ймовірність виявлення об'єкта засобом акустичної розвідки
p_BpLA	Ймовірність виявлення об'єкта засобами БПЛА
p_OpE	Ймовірність виявлення об'єкта засобом оптико-електронної розвідки
p_Opt	Ймовірність виявлення об'єкта засобом оптичної розвідки
p_RLS	Ймовірність виявлення об'єкта засобом радіолокаційної розвідки

Продовження табл. 2

Позначення показників	Назва показників
p_TPV	Ймовірність виявлення об'єкта засобом тепловізійної розвідки
p_Rid	Ймовірність розпізнавання об'єкта розвідки системою розпізнавання (СР)
T_Acu	Середнє значення тривалості виявлення об'єкта засобом акустичної розвідки
T_BpLA	Середнє значення тривалості виявлення об'єкта БпЛА
T_OpE	Середнє значення тривалості виявлення об'єкта засобом оптико-електронної розвідки
T_Opt	Середнє значення тривалості виявлення об'єкта засобом оптичної розвідки
T_RLS	Середнє значення тривалості виявлення об'єкта засобом радіолокаційної розвідки
T_TPV	Середнє значення тривалості виявлення об'єкта засобом тепловізійної розвідки
T_Rid	Середнє значення тривалості розпізнавання об'єкта розвідки

Після розроблення алгоритму існує ще одне завдання: необхідно перевірити, чи буде відповідати вимогам значення показника ефективності УРК при значеннях показників функціональності обраних для нього засобів. І якщо отримане значення показника ефективності УРК не відповідає вимогам, то необхідно вирішити зворотнє завдання. Визначити значення показників функціональності складових, при яких значення показника функціональності УРК відповідає вимогам. Мова йде про постановку завдання аналізу ефективності УРК та завдання синтезу показників функціональності засобів розвідки, які входять в склад УРК.

Для розв'язання таких завдань необхідно мати математичну модель алгоритму поведінки УРК. Алгоритму поведінки радіоелектронних комплексів відповідає дискретно-неперервна стохастична модель. Для побудови дискретно-неперервних стохастичної моделі алгоритму поведінки УРК було використано удосконалену технологію моделювання алгоритму поведінки інформаційної системи. Ця технологія дала змогу здійснити розроблення моделі необхідного ступеня адекватності.

Припущення, введені в розроблену модель:

– зміна стану УРК залежить лише від його поточного стану, але не залежить від попереднього за умови, коли поточний стан є відомий, і не залежать від його значень у минулі моменти часу. Таким чином для моделювання випадкової системи, що змінює стан відповідно до правила

переходів, що залежить від поточного стану, може бути використаний марківський процес;

– для марківських процесів, які використовуються як частковий випадок в методі простору станів, властивий експоненційний закон розподілу часу між двома подіями, що зумовило їх широке застосовування на початковому етапі проектування систем для порівняльної оцінки надійності складних технічних систем;

– вважається, що система розпізнавання об'єктів не допускає хибних розпізнавань, тобто об'єкт може бути або виявленим, але зовсім не розпізнаним, або вірно розпізнаним.

Для визначення базових подій необхідно прийняти до уваги всі процеси і процедури, які відображені (враховані) в розробленому алгоритмі поведінки УРК. Для кожної процедури властивими є події, які представляють їх початок і закінчення. Кожна процедура характеризується середнім значенням її тривалості. Події, що представляють закінчення процедури вважаються базовими подіями. Для алгоритму поведінки УРК базові події подані в табл. 3.

Для зручності читання позначень компонент вектора стану запропоновано семантичне представлення індексів, що відображає не умовний номер компоненти вектора стану, а його функціональне призначення. Відповідне представлення забезпечує зручність та швидкість формування формул розрахунку інтенсивності переходу із стану в стан.

Таблиця 3

Базові події поведінки УРК

№	Подія – початок	Подія – закінчення	Сер. знач. тривалості
1	Початок процедури виявлення об'єкта акустичним засобом розвідки.	БП1: Закінчення процедури виявлення об'єкта акустичним засобом розвідки	T_Acu
2	Початок процедури виявлення об'єкта оптико-електронним засобом розвідки.	БП2: Закінчення процедури виявлення об'єкта оптико-електронним засобом розвідки	T_OEP

Продовження табл. 3

№	Подія – початок	Подія – закінчення	Сер. знач. тривалості
3	Початок процедури виявлення об'єкта оптичним засобом розвідки.	БПЗ: Закінчення процедури виявлення об'єкта оптичним засобом розвідки	T_Opt
4	Початок процедури розпізнавання об'єкта за даними пасивних засобів розвідки (акустичного, оптико-електронного, оптичного).	БП4: Закінчення процедури розпізнавання об'єкта за даними пасивних засобів розвідки (акустичного, оптико-електронного, оптичного)	T_Rid
5	Початок процедури виявлення об'єкта радіолокаційним засобом розвідки та його розпізнавання.	БП5: Закінчення процедури виявлення об'єкта радіолокаційним засобом розвідки та його розпізнавання	T_RLS+T_Rid

Призначені компоненти для вектора стану УРК, які відображають поточний стан засобів розвідки наведені в табл. 4

Таблиця 4.

Компоненти вектора стану УРК

Компоненти вектора стану	Початкові значення	Назва компонент
V_Acu	0	Стан засобу акустичної розвідки
V_BpLA	0	Стан БпЛА
V_OpE	0	Стан засобу оптико-електронної розвідки
V_Opt	0	Стан засобу оптичної розвідки
V_RLS	0	Стан засобу радіолокаційної розвідки
V_TPV	0	Стан засобу тепловізійної розвідки
V_Zst	0	Поточне значення кількості застосованих засобів розвідки
V_Por	0	Поточне значення порогової кількості засобів розвідки, що виявили об'єкт
V_Rid	00	Результат від системи розпізнавання об'єкта розвідки

Компонента V_Acu представляє стан акустичного засобу розвідки. Ця компонента може приймати такі значення: V_Acu = 1 – акустичний засіб розвідки застосовується, V_Acu = 0 – акустичний засіб розвідки не застосовується. Початкове значення компоненти V_Acu = 0.

Аналогічним чином компоненти V_OpE, V_Opt, V_RLS представляють стани оптико-електронного, оптичного та радіолокаційного засобів розвідки відповідно. Компонента V_Zst представляє поточне значення кількості застосованих засобів розвідки. Ця компонента може приймати такі значення: V_Zst = [0 .. 4]. Початкове значення компоненти V_Zst = 0. Компонента V_Por представляє поточне значення кількості застосованих засобів розвідки, які виявили об'єкт. Ця компонента може приймати такі значення: V_Por = [0 .. 3]. Початкове значення компоненти V_Por = 0. Компонента V_Rid представляє результат виявлення та розпізнавання об'єкта розвідки. Ця компонента може приймати такі значення: V_Rid = 0, 11, 12, 13, 21, 22, 23. Початкове значення компоненти V_Rid = 0. V_Rid = 11 –

об'єкт виявлено і розпізнано більше, ніж одним пасивним засобом розвідки; V_Rid = 12 – об'єкт виявлено, але не розпізнано пасивними засобом розвідки і потребує дорозвідки активним засобом; V_Rid = 13 – об'єкт не виявлено жодним пасивним засобом розвідки; V_Rid = 21 – об'єкт виявлено і розпізнано за даними пасивних та активного засобів розвідки; V_Rid = 22 – об'єкт виявлено, але не розпізнано за даними пасивних та активного засобів розвідки; V_Rid = 23 – об'єкт не виявлено жодним пасивним чи активним засобом розвідки.

Умова успішного виконання цільової функції УРК справедлива для випадку, коли об'єкт виявлено та розпізнано за даними лише пасивних або пасивних та активного засобів розвідки. Формалізоване представлення умови успішного виконання цільової функції має такий вигляд: V_Rid=11or V_Rid=21.

Умова задовільного виконання цільової функції УРК справедлива для випадку, коли об'єкт виявлено, але не розпізнано за даними лише пасивних або пасивних та активного засобів розвідки.

Формалізоване представлення умови задовільного виконання цільової функції має такий вигляд: $V_Rid = 12$ or $V_Rid = 22$.

Умова невиконання цільової функції УРК справедлива для випадку, коли об'єкт не виявлено жодним пасивним чи активним засобом розвідки. Формалізоване представлення умови невиконання цільової функції має такий вигляд: $V_Rid = 23$.

Розроблення опорного графа станів здійснено за методикою побудови графа станів на основі базових подій. Вхідними даними є: базові події алгоритму поведінки УРК, компоненти вектора стану, показники функціональності засобів розвідки та системи розпізнавання.

Побудова графа станів та переходів на основі САМ здійснюється за допомогою програмного засобу ASNA. З отриманого графа станів та переходів, що містить 82 стани та 123 переходи, формуємо математичну модель у вигляді системи лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(\lambda_{1_2} + \lambda_{1_3} + \lambda_{1_4} + \\ &+ \lambda_{1_7} + \lambda_{1_9} + \lambda_{1_{17}})P_1(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= \lambda_{1_2}P_1(t) - \\ &-(\lambda_{2_5} + \lambda_{2_6} + \lambda_{2_{10}} + \lambda_{2_{11}} + \lambda_{2_{26}})P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= \lambda_{1_3}P_1(t) - \\ &-(\lambda_{3_6} + \lambda_{3_8} + \lambda_{3_{11}} + \lambda_{3_{18}} + \lambda_{3_{38}})P_3(t) \\ &----- \\ \frac{dP_{80}(t)}{dt} &= \lambda_{42_{80}}P_{42}(t) \\ \frac{dP_{81}(t)}{dt} &= \lambda_{43_{81}}P_{43}(t) \\ \frac{dP_{82}(t)}{dt} &= \lambda_{44_{82}}P_{44}(t) \end{aligned}$$

де: λ_{n_m} – інтенсивність переходу із стану n в стан m .

Розроблення САМ завершується її верифікацією, а саме виявленні невідповідностей при порівнянні тестової моделі об'єкта у вигляді графа станів з графом станів, побудованого за допомогою програмного засобу ASNA. Виявлені невідповідності вказують на помилки в САМ, які необхідно виправити. Завдання валідації моделі полягає в тому, щоб перевірити відповідність якісного представлення про характер зміни значень показника ефективності з кількісними змінами.

Висновки

1. Запропонований алгоритм (в сприятливих умовах) поведінки універсального розвідувального комплексу, призначений для розроблення програмного забезпечення інформаційно-керуючої системи автоматизації процесу виявлення і розпізнавання об'єктів розвідки.

2. Запропонована модель поведінки універсального розвідувального комплексу забезпечує розв'язання завдання синтезу показників функціональності складових універсального розвідувального комплексу через багатоваріантний аналіз.

Завданням подальших досліджень буде розроблення алгоритму поведінки УРК та дослідження його ефективності для несприятливих умов застосування, а також врахування хибного розпізнавання об'єктів.

Список використаних джерел

- Петлюк І. В., Зубков А. М., Петлюк О. І. Інформаційна модель процесу формування розвідувальної панорами наземної обстановки. *Збірник наукових праць Військової академії*. Одеса, 2016. №2(6). С. 36-41.
- Volochiy B., Ozirkovskyi L., Shkiliuk O., Mashchak A. Technique of Construction Models of Behavior Algorithms of Radio Electronic Complex System using the Scheme of Paths Method *International Journal of Computing*, Vol. 13, Issue 3, 2014, pp. 183 – 190.
- Петлюк І.В., Шкілюк О.П. Можливості універсального розвідувального комплексу. *XXIV Міжн. наук.-техн. конференція GEOFORUM'2018* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів-Брюховичі-Яворів, 10-12 квіт. 2019 р. Львів: “ЛП”, 2019. С. 73-75.
- Петлюк І. В. Методики комплексуювання приладів розвідки на розвідувальному комплексі для підвищення ефективності артилерійської розвідки. *XXIII Міжн. наук.-техн. конференція GEOFORUM'2018* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів-Брюховичі-Яворів, 18-20 квіт. 2018 р. Львів: “ЛП”, 2018. С. 56.
- Петлюк І. В., Шкілюк О. П. Моделі процесу взаємодії систем спостереження розвідувального комплексу за об'єктом викриття з урахуванням особливостей оперативно-тактичної обстановки. *XXII Міжнародна науково-технічна конференція GEOFORUM'2017* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф.,

- м. Львів-Брюховичі-Яворів, 25-27 квіт. 2017 р. Львів: НУ “ЛП”, 2017. С. 29-30.
- Papadopoulos Y. Analysis and Synthesis of the Behaviour of Complex Programmable Electronic Systems in Conditions of Failure / Y. Papadopoulos, J. McDermid, R. Sasse, G. Heiner // Reliability Engineering and System Safety. – 2001. – Vol. 71. – pp. 229–247.
- Петлюк І. В., Беляков В. Ф. Місце і роль рухомих розвідувальних пунктів в сучасних збройних конфліктах. *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів, 14-16 трав. 2014 р. Львів: АСВ, 2014. С. 113-114.
- Петлюк І. В. Багатоканальні системи спостереження наземних рухомих об'єктів. *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів, 14-15 трав. 2015 р. Львів: АСВ, 2015. С. 90-91.
- Петлюк І. В., Зубков А. М. Метод об'єднання розвідувальної інформації про наземну обстановку від розвідувальних засобів, діючих на основі різних фізичних принципів. *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів, 18-20 трав. 2016 р. Львів: АСВ, 2016. С. 104.
- Петлюк І. В., Зубков А. М. Новий підхід щодо комплексування розвідувальної інформації. *XXI Міжнародна науково-технічна конференція GEOFORUM'2016* : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів-Брюховичі-Яворів, 13-15 квіт. 2016 р. Львів: НУ “ЛП”, 2016. С. 105-107.
- Мокроцкий М.Ю. Некоторые направления развития средств разведки в интересах разведовательно-огневых действий ракетных войск и артиллерии *Артиллерийское и стрелковое вооружение* №2. – К.: 2009. — С – 20-23.
- Петлюк І. В. Електронні прилади розвідки і сигналізації. *Перспективні шляхи розвитку інформаційних систем прицілювання та самонаведення ВТО РВ і А*: зб. тез доп. наук. техн. сем., м. Львів, 27-28 бер. 2013 р. Львів: АСВ, 2013. С. 177-180.
- Fedasyuk D., Volochiy S. Method of developing the behavior models in form of states diagram for complex information systems. *Computer science and information technologies: Proceedings of the X International Scientific and Technical Conference CSIT 2015*. Lviv, 2015. P. 5 -8.
- Belyaev V. P., Volochiy B. Yu., Ozirkovskiy L. D., Pavlov M. V. Estimation of the efficiency of methods of calculating the parameters of connectivity in the structural analysis of radio electronic complexes. *Interdepartmental scientific and technical collection "Theoretical Electrical Engineering"*. – Lviv: Publishing House "Svit". – 1998. – Issue. 54. – pp. 8 – 14. [in Ukrainian]

TECHNOLOGY OF MODELING OF ALGORITHMS OF BEHAVIOR OF INFORMATION SYSTEMS

Petliuk I., Volochy B., Aborin V., Oliyarnik B., Shkiliuk O.

One of the directions of improving the quality of intelligence was the creation of new monitoring complexes of the ground situation – universal intelligence complexes. Universal Reconnaissance Complexes (URCs) must effectively conduct reconnaissance of enemy objects (targets) in the context of rapid-fire fighting, dynamic change of environment, active radio-electronic counteraction from the enemy, and control the fire of artillery when performing combat missions.

Keywords: universal reconnaissance complex; intelligence systems; information and management system; exposing objects (goals); URC behavior algorithm.

УДК 356/359

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МІННИХ ТРАЛІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТА СПОСОБІВ ПОДОЛАННЯ МІННО-ВИБУХОВИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ

Цибуля С., Рошин В., Саврун Б.

Науково-дослідний відділ (інженерних військ)
Наукового центру Сухопутних військ НАСВ
імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

У матеріалах виступу проаналізовано проблемні питання забезпечення безпеки особового складу і техніки при виконання завдань у зоні проведення операції об'єднаних сил на сході України у рамках вимог до формуванню єдиних підходів із організації подолання мінно-вибухових загороджень, аналіз існуючих та тенденцій їх розвитку на перспективу.

Ключові слова: мінні тралі, мінно-вибухові загородження, операція Об'єднаних сил, засоби тралення, мінна війна, бойове забезпечення.

Вступ

Сучасний розвиток зразків озброєння і техніки, які базуються на новітніх технологіях, широке впровадження їх у військову справу, спричинили значні зміни практично у всіх сферах діяльності військ (сил) що спонукало фахівців переглянути існуючі підходи та пошуку нових форм і способів їх захисту на полі бою.

Подолання мінних полів і замінованих ділянок місцевості, розмінування територій – одна з актуальних проблем сучасності. В арміях провідних країн світу продовжують удосконалюватися системи мінування, розробляються і приймаються на озброєння якісно нові інженерні боєприпаси, в тому числі для ураження об'єктів бронетанкової техніки. Зберігається арсенал протитанкових мін класичних принципів дії. Залишаються вибухонебезпечними значні площі, заміновані в ході локальних збройних конфліктів.

Аналіз останніх досліджень

НАТО класифікував небезпеки від загрози фугасних мін для броньованих машин в термінах ряду рівнів стійкості, відповідних вибухів різних за вагою зарядів тринітролуолу (TNT) під колесами або гусеницями,

або під корпусами машин що відображено в таблиці 1. Як видно з таблиці вищим рівнем стійкості є рівень 4, який відповідає захисту від вибуху 10 кг тротилу [STANAG 4569 – «Методи оцінки рівнів захисту бойових броньованих машин...», – 2004].

Таблиця 1

Рівні захисту від мін НАТО (STANAG 4569)

Рівень 1	Протипіхотні міни та ручні гранати	
Рівень 2a	6 кг TNT	під колесом
Рівень 2 b	6 кг TNT	під корпусом
Рівень 3a	8 кг TNT	під колесом
Рівень 3b	8 кг TNT	під корпусом
Рівень 4a	10 кг TNT	під колесом
Рівень 4b	10 кг TNT	під корпусом

Досвід ведення бойових дій в умовах локальних воєн та збройних конфліктів, операція Об'єднаних сил (ООС) на сході України показує серйозну проблему подолання мінно-вибухових загороджень наявними технічними засобами.

Для ЗС України ця проблема одна з найбільш гострих, адже на сьогодні практично всі технічні засоби морально застаріли і за своїми технічними характеристиками не відповідають вимогам сьогодення.

На сьогодні одними із лідерів в галузі розроблених і впроваджених технологій розвитку мінних тралів та напрямків удосконалення способів та засобів тралення мінно-вибухових загороджень є країни – Німеччина, Великобританія, США та Російська Федерація. Напрацьовані підходи, вище зазначених країн, добре себе зарекомендували в різних умовах обстановки, а розвиток технічних засобів призвів до технологічного прориву в сфері тралення мінно-вибухових загороджень, у тому числі і в інтересах цивільного населення.

Мета статті

Розглянути та проаналізувати існуючі проблеми розвитку засобів та удосконалення способів тралення мінно-вибухових загороджень на полі бою та вибір можливих шляхів підвищення їх ефективності виходячи із набутого досвіду у районах проведення операції Об'єднаних сил.

Визначити напрямки, підходи та вимоги щодо удосконалення існуючих та розробку нових технічних засобів подолання мінних полів і замінованих ділянок місцевості на підставі аналізу та узагальнення досвіду їх застосування у зоні проведення операції

об'єднаних сил, сучасних локальних війнах і збройних конфліктах.

Основний матеріал

В умовах сучасних війн і локальних конфліктів роль мінно-вибухових загороджень постійно посилюється. Це пов'язано з тим, що засоби мінування та міни (інженерні боєприпаси) постійно розвиваються і удосконалюються. Разом з тим зростає необхідність збільшення темпів пересування і маневру військ, забезпечення їх мобільності та протимінної безпеки.

Проведений аналіз наявних засобів механізації подолання мінно-вибухових загороджень та їх конструктивних рішень, в розвинених у військовому відношенні країнах світу, показує, що сучасні засоби тралення мають відповідати таким вимогам [ВСТ 01.106.003 (видання 1) – 2018]:

- можливість знешкодження якомога більшої кількості типів мін (універсальність);

- висока швидкість тралення в умовах бойових дій; здатність працювати на різних типах ґрунтів;

- прийнятні тягові зусилля базового шасі; швидкий перевід трала з похідного положення в робоче і навпаки;

- ремонтпридатність;
- надійність в роботі;
- уніфікованість.

На даний момент засоби подолання мінно-вибухових загороджень розробляються, створюються та модернізуються на стільки ж активно, як і засоби їх розвідки. Найбільш інтенсивно роботи ведуться в США, Великобританії, Німеччині, Російській Федерації, де задіяні державні і приватні дослідні установи та промислові фірми, працюючі над удосконаленням існуючих і розробкою нових (в тому числі комплексних) засобів тралення (знищення) мін, здатних проробляти проходи в мінних полях (в тому числі і встановлених дистанційно) без зниження розрахункових темпів просування військ.

Так у США розробка засобів розмінування з 90-х років ведеться комплексно, за декількома напрямками, щоб вирішити всі види завдань, пов'язаних з нейтралізацією і знищенням мінно-вибухових загороджень, а саме [//https://studopedia.su/12_34219 – 2014]:

- подолання мінних загороджень (передбачає – швидке пророблення в них проходів);

- розмінування районів розташування військ та проводиться бойовими інженерними частинами;

- знешкодження не здетонувавших боєприпасів (передбачає – пошук, розпізнавання, оцін-

ку, знешкодження, зняття або знищення боєприпасів), виконується фахівцями дрібних груп в мирний, воєнний час і в ході невійськових операцій;

- гуманітарне розмінування (включає зняття залишених в районах бойових дій мін та інших вибухонебезпечних предметів), яке разом з тим, може проводитися в інтересах держав, що не володіють можливостями для виконання цих робіт;

- очищення діючих навчальних та випробувальних полігонів, необхідне для забезпечення безпечної діяльності військ.

У загальному спектрі засобів протидії мінно-вибуховим загородженням противника, значне місце відведено механічним мінним тралам, застосування яких передбачає використання різних пристроїв і механізмів вбудованих в рухливе базове шасі або навішених на нього, що здійснює безпосередній вплив на міни пристроями певного виду. Доцільність та ефективність застосування механічних мінних тралів підтверджена практикою на полі бою (у тому числі у зоні проведення операції Об'єднаних сил) і не викликає сумніву. Своєчасним і правильним застосуванням яких досягається зниження втрат особового складу та техніки на полі бою в 2-4 рази.

Під час розробки механічних тралів перевага віддається котковим, ножовим (плужним), бойковим та комбінованим тралам, які постійно розвиваються та удосконалюються. До основних напрямків розробок механічних тралів та їх тактико-технічних властивостей, можна віднести: перше – розробку навісних мінних тралів для пророблення проходів в мінних полях противника для пропуску бойової техніки та забезпечення мобільності своїх військ; друге – розробку мінних тралів для суцільного розмінування місцевості, аеродромів, доріг і т. д. від мін, які встановлені в накидку [Шуяков (2017), Ахметов (2011), Бородин, Кретинин (1987)].

Основними типами першого напрямку є ножові, плужні, бойкові та комбіновані трали, а їх основними розробниками країни – США, Великобританія, Німеччина та Російська Федерація відповідно.

До другого напрямку можна віднести – сітчасті та пружинні (модульні) трали. Над останнім типом тралів інтенсивно працюють спеціалісти Ізраїлю та Російської Федерації, де особлива увага приділяється засобам, призначеним для боротьби з дистанційно-встановленими мінами. Це, як правило, навісне модульне обладнання до легких бойових та транспортних машин, які мають забезпечити безпечне пересування колон військової техніки з середньою швидкістю 12-16 км/год. Такі системи легко адаптуються до різноманітних транспортних

засобів, з можливістю їх використання як чисто механічна плужна система, або застосування як активних (пасивних) електронних контрзаходів для подолання широкого спектру мінних загроз.

Один із прикладів – модульні мінні трали SMCS (Surface Mine Clearing System) компанії Pearson Engineering (Великобританія), що пройшли широкі випробування в військах, та показали свою придатність до використання під час проведення операцій по очищенню місцевості від мін та боєприпасів встановлених дистанційним способом, не пошкоджують дорожні покриття, швидко переводиться у робоче та зворотно в транспортне положення [<https://www.pearson-eng.com>. –2019].

Активно розробляються та виконуються програми щодо удосконалення засобів тралення, призначених для використання при суцільному розмінуванні, яке проводиться на територіях, де багато років велись бойові дії, у ході яких застосовувалось велика кількість типів протитанкових мін і протипіхотних мін. Відзначається, що по ряду параметрів вони відрізняються від інженерних бойових тралів, забезпечуючи, зокрема, більш високу ступінь очищення місцевості від боєприпасів (за нормативами Організації Об'єднаних Націй – 99,6%, а по загальних нормативах – не менше 98,5%). При цьому вони достатньо дешеві та прості в експлуатації [Валецкий (2012)].

Наявна інформація про мінні тральщики дозволяє зробити наступні висновки: мінні тральщики за своїми конструктивними критеріями та за бойовим призначенням можна розділити на: броньовані машини розмінування, дистанційно-керовані та роботизовані мінні розгороджувачі.

Забезпечення подолання мінно – вибухових загороджень танками та бойовими машинами піхоти здійснюється за допомогою навісних індивідуальних механічних мінних тралів та броньованих машин розмінування. Траловим робочим обладнанням для броньованих машин розмінування, як правило, є механічні трали, електромагнітні трали та подовжені заряди розмінування [ВСТ 01.106.003 (видання 1) – 2018].

Дистанційно-керовані та роботизовані розгороджувачі застосовуються, як правило, після бойових дій під час суцільного розмінування рівних ділянок місцевості та злітно-посадочних смуг. Робочим обладнанням для тралення мін на дистанційно-керованих та роботизованих розгороджувачах є маніпулятори з захватами, утримувачами газополум'яних горілок, а також може використовуватись стрілецько-гарматна зброя [<https://www.researchgate.net/publication/> – 2018]

Разом з тим аналіз інформації показує, що у таких країнах, як США, Франція, Російська

Федерація та Ізраїль активно ведуться роботи по створенню обладнання для тралення мін з неконтактними магнітними підриивниками.

На основі узагальнення та аналізу проведених досліджень і розробок ряд зарубіжних фахівців вважає найбільш перспективним слідуючі напрямки робіт:

використання потужного мікрохвильового випромінювання (HPM-High Power Microwaves), яке може бути ефективним для звичайних мін і мін з електронним детонатором (для частоти 1 ГГц отримана пікова вихідна потужність 10 ГВт, яка, як вважається, в найближче десятиліття може бути збільшена до 100 ГВт);

генерування потужних спрямованих електричних розрядів для дистанційного знищення мін;

застосування на рівній місцевості вібраційних котків (знаходиться на початковому етапі досліджень, вимагає вирішення ряду проблем, пов'язаних з визначенням необхідної потужності, захищеністю від вибуху боєприпасів (мін) оператора і робочого обладнання) [https://studopedia.su/12_34219 – 2014].

Основним компонентом таких тралів є випромінювач електромагнітної енергії, який виробляє відповідну сигнатуру (магнітне поле рухомої бойової машини). Його дія викликає спрацювання мін з магнітними підриивниками, які зустрічаються на шляху машини, а також тих, які опинились в декількох метрах від неї. Малі габарити випромінювачів дозволяють використовувати їх на шасі, які оснащені пристроями механічного та підриивного тралення, що робить машину універсальним протимінним засобом.

Аналіз інформації про електромагнітні трали дозволяє зробити наступні висновки: випромінювачі електромагнітних хвиль можуть виконуватись у вигляді окремих електромагнітів або контуру і монтуються на корпусі машини чи на колійному мінному тралі любого типу; котушки випромінювачів електромагнітних хвиль, як правило, встановлюються у броньований корпус та герметизується; маса комплексу електромагнітних тралів коливається від трьох-чотирьох десятків кілограм до 200 кг; живлення електромагнітних тралів здійснюється від бортового джерела електроенергії; електромагнітні трали можуть навішуватись на всі броньовані машини; ініціювання заряду міни здійснюється поки на відстані не більше 2,5...5,0 метрів [https://studopedia.su/12_34218 – 2014].

Ряд зарубіжних країн ведуть широко-масштабні розробки перспективних зразків інженерних засобів механічного та вибухового тралення, здатних надійно нейтралізувати міни, які оснащені підриивниками будь-яких типів, в тому числі, неконтактними. Крім того, продовжується пошук нових, нетрадиційних способів знешкодження мін та боєприпасів, а саме:

застосування піротехнічних та хімічних впливів направлених на руйнування компонентів міни;

використання швидко твердуючої піни, яка буде нейтралізувати роботу підричника та елементів запобігання знешкодженню;

руйнування кумулятивною струєю;

гідродинамічне руйнування;

термічний (спалювання вибухових пристроїв під дією високих температур);

лазерне випалювання (виплавлення вибухової речовини) – дефлаграція.

Особливої уваги заслуговує спосіб лазерного випалювання, який надає значні переваги дистанційного приведення в пасивний стан вибухонебезпечних предметів, а саме:

значна дальність дії – десятки і сотні метрів;

можливість знешкодження вибухових пристроїв (ВП), що знаходяться в багаточарових товстостінних оболочках, в тому числі в транспортних засобах;

низька, близька до нуля ймовірність детонації вибухових пристроїв;

забезпечення можливості візуальної ідентифікації типу вибухового пристрою;

збереження зовнішньої цілісності вибухового пристрою для подальшого криміналістичного дослідження;

можливість роботи не тільки по вибухових речовинах, але і по пристроях управління підривом.

Висновки

1. Проведений аналіз стану та тенденцій розвитку засобів механізації подолання мінно-вибухових загороджень свідчить, що наявні засоби тралення мінних полів які знаходяться на озброєні підрозділів тактичної ланки Збройних сил України, за своїми технічними характеристиками і можливостями, потребують модернізації та створення нових сучасних зразків з врахуванням наявних тенденцій розвитку високоефективних інженерних боєприпасів (мін), використовуваних для ведення "наземної мінної війни" на основі сучасних підходів і набутого досвіду провідними в військовому відношенні країнами світу.

2. Досвід ведення операції Об'єднаних сил на сході України, локальних війн і збройних конфліктів підтверджує важливість наявності засобів для подолання мінно-вибухових загороджень та забезпечення мобільності підрозділів у ході виконання бойових завдань.

3. При розробці технічних засобів загальновійськового призначення (тактичної ланки) необхідно передбачити можливість їх застосування в різних умовах бойової обстановки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

STANAG 4569 – Методи оцінки рівнів захисту бойових броньованих машин легкої категорії від ураження боєприпасами кінетичної дії й осколками осколково-фугасних снарядів польової артилерії – 2004.

ВСТ 01.106.003 (видання 1) Система загальних тактико-технічних вимог до інженерного озброєння. Технічні вимоги до броньованих машин розмінування, 2018 – 13 с.

Требования, предъявляемые к современной инженерной технике, основные направления ее развития – 2014 // https://studopedia.su/12_34219_trebvaniya-pred-yavlyaemie-k-sovremennoy-inzhenernoy-tehnike-osnovnie-napravleniya-ee-razvitiya.html.

Шуныков Д.В. Инженерные войска Вооруженных сил Российской Федерации и основы их боевого применения, учебник, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург, 2017. – 116 с.

Ахметов Р.Р. Инженерные войска иностранных армий: учебное пособие – Омск: СибАДИ, 2011. – 102 с.

Бородин Н.Г., Крестинин Г.В. "Машины инженерного вооружения", учебник часть 3 – Москва, ВИ, 1987 – 424 с.

Development trends of mine trawls and perspective directions of improvement of means and ways of overcoming modern mine and explosive barriers <https://www.pearson-eng.com/security-and-counter-terrorism/>

О. Валецкий . Гуманитарное разминирование в бывшей Югославии – 2012. army.armor.kiev.ua/enginear/razminir-ov.shtml Humanitarian Demining: The Problem, Difficulties, Priorities, Demining Technology and the Challenge for Robotics https://www.researchgate.net/publication/221786302_Humanitarian_Demining_the_Problem_Difficulties_Priorities_Demining_Technology_and_the_Challenge_for_Robotics

Современные образцы средств инженерного вооружения состоящие на вооружении армий иностранных государств – 2014. // https://studopedia.su/12_34218_sovremennye-obraztsi-sredstv-inzhenernogo-vooruzheniya-sostoyashchie-na-vooruzhenii-vs-rf.html.

TENDENCES OF MINIMUM TRAILS TAKE THROUGH PROSPECTIVE DIRECTLY TARGETED FACILITIES THAT WAY TO RECEIVE THE MINO – VIBUHOVA ZAGORODZHENI

Cibylia S. , Roshchyn V., Savrun B.

The materials of the presentation analyze the problematic issues of ensuring the safety of personnel and equipment while performing tasks in the area of the operation of the Joint Forces in the east of Ukraine in the framework of the requirements for the formation of unified approaches to the organization of overcoming mine-explosion barriers, analysis of existing ones and tendencies of their development in the future.

Keywords: mine trawls, minefields, combined forces operation, mine warfare, warfare.

УДК 623.618

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БОЙОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БРОНЕТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ ТА ТЕХНІКИ І ПІДГОТОВКИ ЕКІПАЖІВ БОЙОВИХ МАШИН МЕХАНІЗОВАНИХ І ТАНКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ СВ ЗС УКРАЇНИ

Костюк В., Русіло П., Калінін О.,
Баган В., Варванець Ю.

Науково-дослідна лабораторія (бронетанкового озброєння та техніки) науково-дослідного відділу (механізованих і танкових військ) Наукового центру Сухопутних військ НАСВ

На основі аналізу сучасного розвитку бронетанкового озброєння та техніки з урахуванням інформаційних технологій і технічної підготовки особового складу механізованих і танкових військ, виявлені основні проблеми щодо підвищення бойової ефективності бронетанкового озброєння і техніки та підготовки екіпажів бойових машин, запропоновано шляхи для їхнього вирішення.

Ключові слова: бронетанкове озброєння та техніка; апаратно-програмний комплекс; ситуаційна обізнаність; «мережецентричні війни»; «ефект прозорої броні»; окуляри доповненої реальності.

Вступ

В сучасних бойових діях, які характеризуються застосуванням принципів «мережецентричної війни», основною зброєю ближнього бою безсумнівно є бронетанкове озброєння та техніка (БТОТ) до якої відносяться БМП, БТР, бойові розвідувальні машини, машини управління, а також деякі типи машин бойового забезпечення військ. Тому проблематика підвищення бойової ефективності БТОТ та підготовки екіпажів бойових машин механізованих і танкових підрозділів в СВ ЗС України є **актуальною**.

Вирішення зазначеної проблеми можна представити рядом військово-наукових досліджень результати яких спрямовані на пошук нових шляхів підвищення бойової ефективності зразків БТОТ за рахунок впровадження інформаційних технологій, автоматизованих систем та інноваційного підходу у питаннях технічної і бойової підготовки екіпажів бойових машин.

Аналіз останніх досліджень

У роботах [Азов (2003), Молитвин (2008), Кондратьев (2009)] вказано, що застосування «принципів мережецентричної війни» спрямоване на завоювання інформаційної

переваги над противником в усіх видах бойових дій і полягає у досягненні більш глибокого усвідомлення та розуміння бойової обстановки у будь-який момент часу, випередженні противника в розвідці, визначенні його слабких місць, виборі способу дій та в прийнятті рішення на раціональне застосування сил і засобів.

Автори роботи [Чельцов (2009), Случайний (2011)] розглядають реалізацію «мережецентричних принципів» в автоматизованих системах управління (АСУ) військами та озброєнням як особливий напрямок який дозволить: прискорити збір і обробку інформації; скоротити час на прийняття рішень і підвищити їхню якість; більш якісно організувати взаємодію та всебічне забезпечення підрозділів; підвищити оперативність постановки бойових завдань.

Відомі приклади технічної реалізації «мережецентричних принципів» управління в АСУ військами в арміях провідних країн світу: SIT, IVIS, BFT, BMS, BMSS, TCCS, LINCE, Iniochos, Bowman, SICCONA тощо [Васьківський (2010)].

Для інтеграції «принципів мережецентричної війни» в АСУ військами, зразки БТОТ армій провідних країн світу оснащуються інформаційно-керованими системами (ІКС) [Васьківський (2011)]. Інформаційно-керовані системи забезпечують: розширення можливостей у прийнятті рішень командирами підрозділів і бойових машин в умовах швидкої зміни тактичної обстановки завдяки обізнаності в поточній ситуації про власне місцезнаходження, позиції своїх підрозділів та сусідів, розміщення вогневих та інших засобів противника; дані про безпосередні завдання (цілі, маршрути руху) [Васьківський (2011), Анипко (2008)]; отримання зовнішніх цілевказівок командирами машин для організації вогневого ураження; надходження швидкої і точної інформації для оптимізації матеріально-технічних засобів з метою підготовки та виконання конкретного бойового завдання або маршруту.

На даний час ІКС оснащено ряд зразків БТОТ різних країнах з високим технічним і технологічним рівнем [Шунков (2000)]: танки Leclerc (Франція), M1A2 SEP (США), Leopard 2A5, A6, A7 (Німеччина, Швеція, Данія), Merkava Mk4 (Ізраїль), K2 (Південна Корея), БМ «Оплот» (Україна); бойові машини піхоти M2A3 Bradley (США), Puma (Німеччина), Pizzaro (Іспанія, Греція), CV 9040 (Швеція), Nemer (Ізраїль), Terrex 8×8 (Сінгапур); бойові розвідувальні машини Stryker (США), Dingo-2 і Fenek (Німеччина), Centauro (Італія); бронетранспортери LAV III і Coyote (Канада), Boxer (Німеччина), Pandur II (Порту-

галія, Чехія), AMV XC 360P і Rosamak (Фінляндія, Польща), БТР VBCI і AMX 10RC (Франція); броньований автомобіль HMMWV (США).

В Україні ІКС реалізована лише на танку БМ «Оплот» під назвою «Система навігаційного забезпечення ТІУС-НМ» [Кораблин (2001)]. У даній системі розробник реалізував ряд технічних рішень які забезпечили створення власної АСУ підрозділами в рамках танкового батальйону (як вищої тактичної ланки) У роботі [Кораблин . (2001)] зазначено, що одним з напрямів вдосконалення систем управління підрозділом і бойовою броньованою машиною (танком, БМП, БТР) є інтеграція їхніх систем в єдиний автоматизований комплекс, що забезпечує ефективне вирішення бойових завдань.

У провідних країнах НАТО, одним із перших танків на якому було впроваджено ІКС, був новітній французький основний бойовий танк AMX-56 «Леклерк». В ІКС танка AMX-56 «Леклерк» включено дві ЕОМ, канали зв'язку між ними і керованими підсистемами танка, пристрій технічної діагностики, дисплеї для відображення інформації, панелі управління і засоби зв'язку. ІКС танка AMX-56 «Леклерк» також забезпечує оперативний доступ інформації для командування тактичної ланки військ: про місцезнаходження танків підрозділу, про кількість боєприпасів і палива, про супровід цілей, про підготовку даних до стрільби, про місце знаходження і розпізнавання машин сусідніх підрозділів та противника.

Відсутність на зразках БТОТ у базовій комплектації системи розпізнавання «свій-чужий» може призвести до безповоротних втрат від помилкового ураження сусідніми підрозділами під час ведення бою та ідентифікації цілей. Для вирішення проблеми ідентифікації цілей на полі бою інженери ізраїльської компанії «Thermal» розробили високоякісні маркери (випромінювачі) за допомогою яких під час бою можна легко відрізнити «свого» від «чужого» на відстані до 18 км. Розроблена система представлена двома варіантами: елементи першого варіанту вмонтовуються на захисний шолом військовослужбовців, що забезпечує маркування свого особового складу, другий варіант системи призначений для маркування зразків БТОТ. В основі системи використовуються інфрачервоні випромінювачі (теплові маркери), які проглядаються в температурному спектрі до 12 мкм і не дають випромінювання в ближній до інфрачервоної або видимої зони. Обидві системи перевірено в бойових умовах, повністю інтегровано і вони

вже використовуються де-якими натівськими підрозділами [Военное обозрение (2018)].

Проведений аналіз зазначених літературних джерел та інформаційно – аналітичних матеріалів в ЗС країн НАТО свідчить, що впровадження ІКС і системи управління взаємодії зразків БТОТ з

іншими підрозділами та бойовою технікою, значно підвищує їхню бойову ефективність і дає принципово новий підхід в управлінні військами.

В роботі [http:// andrei – bt.livejournal. com] зазначено, що перспективні основні бойові танки США – як головний ударний засіб сухопутних військ на полі бою, розробляються з урахуванням новітніх танкових інформаційно-керованих систем і автоматизированих систем: (FCS – Future Combat System – перспективна бойова система), також аналогічна система розробляється в ЗС ФРН (NGP – Neue Gepanzerzte Plattformе – нова броньована платформа). Практична реалізація зазначених ІКС на зразках БТОТ дозволяє здійснити інтеграцію бойових машин в АСУ підрозділами тактичної ланки, покращити в цілому бойову ефективність бронетанкової техніки та навченість екіпажів бойових машин.

У роботі [Маєв (2001)] вказано, що бойова ефективність зразків БТОТ, зокрема основного бойового танка залежить від його основних властивостей – вогневої потужності, захищеності, рухомості, а також від тактико-технічних та експлуатаційних характеристик. Кількісно ці залежності можна визначити шляхом математичного моделювання бойових дій. Визначення бойової ефективності оцінюваного танка здійснюється за результатами моделювання проходження ним танкової траси при незмінному кількісному і якісному складі протитанкових засобів які йому можуть протистояти.

У роботі [Троценко, Кізло (2015)] зазначено, що для успішного виконання завдань бойової підготовки та ефективного оволодіння новими зразками озброєння та техніки, для особового складу необхідна цілеспрямована організація навчального процесу і технічної підготовки з використанням новітніх високотехнологічних засобів навчання на основі сучасних інформаційних технологій.

Мета статті

Виходячи із проведеного аналізу метою статті є дослідження впливу інноваційних технологій та ІКС на підвищення бойової ефективності зразків БТОТ, на технічну підготовку екіпажів бойових машин, на ситуаційну обізна-

ність і функціональні можливості екіпажу машини та десанту під час виконання бойового завдання в умовах швидкої зміни тактичної обстановки.

Основний матеріал

Бронетанкова техніка та озброєння є невід'ємною частиною сучасної системи озброєння Сухопутних військ, яка розвивається разом з нею на основі єдиних закономірностей і принципів розвитку з врахуванням характерних змін у веденні сучасної збройної боротьби. Разом з тим зазначається, що конструкторські резерви щодо підвищення бойової ефективності зразків БТОТ за рахунок зміни масо-габаритних і технічних показників їхніх складових частин вже у багатьох випадках вичерпали себе і досягли фактично граничних величин. Адже динаміка удосконалення складових частин зразка БТОТ визначається через закономірності нарощування їхніх питомих показників, тобто від об'єму і маси з метою отримання відповідної одиниці корисного ефекту. Тому з врахуванням результатів проведеного аналізу, перспективним шляхом щодо підвищення бойової ефективності зразків БТОТ та покращення технічної підготовки екіпажів бойових машин, доцільно розробляти і впроваджувати сучасні автоматизовані комплекси та геоінформаційні системи які мають легку масу, невеликий об'єм та відповідають сучасним принципам розвитку Сухопутних військ.

Так вітчизняна високотехнологічна компанія «Limpid Armor», що спеціалізується на розробках штучного інтелекту, комп'ютерного зору та робототехнічних засобів, пропонує на вітчизняних зразках БТОТ (основні бойові танки Т-64 БВ; Т-80 БВ; БМ «Оплот»-51, бойові машини піхоти БМП- та БМП-2, бронетранспортери БТР-60, БТР-70, БТР-80, БТР-4Е, бойові колісні машини, броньовані розвідувальні машини типу БРДМ, а також перспективні бойові дистанційно-керовані і наземні роботизовані комплекси, які виготовлені на базовому шасі бронетанкової техніки) встановити відповідну електронну систему та апаратно-програмний комплекс військового призначення Land Platform Modernization Kit з метою підвищення ситуаційної обізнаності та інтенсивності надходження оперативної інформації для екіпажу машини та десанту в реальному режимі часу для розширення їхніх функціональних можливостей під час виконання бойового завдання.

Land Platform Modernization Kit – це програмно-апаратний комплекс який забезпечує панорамне зображення огляду місцевості за

бортовою проекцією машини і транслює відеоінформацію про навколишню обстановку на комп'ютерні монітори які знаходяться в відділенні управління машиною і десантному відділенні. Також комплекс може отримувати відеоінформацію із телеметричними даними місцевості з БпАК, який веде радіорозвідку і спостереження за зразками озброєння, об'єктами, і діями противника. Все це разом збирається і формується програмно-апаратним комплексом у великий потік візуальної інформації що називається «ефектом прозорості броні». Головною ідеєю «ефекту прозорості броні» є збільшення надходження оперативної інформації та розширення візуальних можливостей для командира бойової машини, членів екіпажу та десанту з метою прийняття ними ефективних рішень під час виконання бойового завдання в умовах інтенсивної зміни бойових дій і тактичної обстановки

До складу комплексу Land Platform Modernization Kit входять:

вісім камер з оптичною стабілізацією, встановлених на корпусі бронемашини;

окуляри доповненої реальності Microsoft HoloLens, які вмонтовані у шоломи членів екіпажу бойових броньованих машин;

спеціальне програмне забезпечення, яке «зшиває» потокове відео в режимі реального часу (середній час не перевищує 200 мс), і це відео доступне членам екіпажу та десанту у вигляді панорами місцевості на 360°;

бортовий сервер (комп'ютер), який обробляє, зберігає і надає доступ до сформованої панорами місцевості ефектом доповненої реальності;

допоміжне обладнання, яке забезпечує роботу «захвату» відеопотоку;

засоби безперебійного живлення, з'єднувальні кабелі.

Принцип роботи комплексу Land Platform Modernization Kit

Формування панорамного огляду та зображення оперативної обстановки на місцевості здійснюється завдяки апаратурі формування теплового зображення і восьми денним камерам спостереження, які встановлені по периметру корпусу машини. На рис. 1 показано розміщення денних камер спостереження під час демонстраційного показу роботи комплексу.



Рис. 1. Денні камери спостереження

Електронна система та апаратно-програмний комплекс обробляють оперативну інформацію та формують зображення місцевості на якій знаходиться машина і, через автоматизовану систему управління та контролю, виводять її на комп'ютерні монітори у відділення управління машиною та десантне відділення як показано на рис. 2.



а) відділення управління



б) десантне відділення

Рис. 2. Розміщення комп'ютерних моніторів

Після відповідного апаратного оброблення такого зображення, його панорамна копія формується на пристрої доповненої реальності (окуляри Microsoft HoloLens), який закріплений на захисних шоломах механіка – водія та командира машини. На них виводиться панорамне зображення на 360° з елементами доповненої реальності. Загальний вигляд захисного шолому з окулярами доповненої реальності Microsoft HoloLens та інтегрованою апаратурою показано на рис. 4, 5.



Рис. 4. Захисний шолом з окулярами



Рис. 5 Інтегрована апаратура в захисному шоломі

На рис. 5 показано захисний шолом з інтегрованою апаратурою: 1 – навушники; 2 – кабельна система; 3 – захисний шолом; 4 – відсік із сенсорами та електронікою; 5 – окуляри; 6 – AR лінзи; 7 – мікрофон; 8 – ремені фіксації.

Зображення на комп'ютерному моніторі на робочих місцях механіка – водія і командира машини забезпечує широкий спектр огляду місцевості з подальшими можливостями і надає можливість миттєвого прийняття рішення щодо виходу із зони ймовірного ураження, зміни швидкості та напрямку руху і маневру машини, а також орієнтування для ведення прицільного вогневого ураження.

Зображення на комп'ютерному моніторі всередині десантного відділення відображає панорамний огляд і ситуаційний план місцевості та надає можливість особовому складу орієнтуватися, розпізнавати цілі та об'єкти противника на місцевості і розширює функціональні можливості десанту під час спішування та стрільби зі штатного озброєння і додаткових вогневих засобів. Механік-водій і командир машини, які укомплектовані захисними шоломами з окулярами доповненої реальності в залежності від повороту голови (шолому) можуть сприймати величезний потік візуальної інформації, який надходить в режимі «прозорої броні» з часом її постійного оновлення до 2 мілісекунд.

В програмно-апаратному комплексі реалізовано і продемонстровано наступні функції:

програмне об'єднання потокового відео та формування панорами місцевості на 360° градусів;

відображення на екранах моніторів і окулярах доповненої реальності Microsoft HoloLens в залежності від просторового розміщення поля зору оператора;

відео із сформованої панорами, геоінформації, швидкості руху машини та результатів розпізнавання до 14 типів наземних рухомих об'єктів-цілей.

За результатами демонстраційного показу

апаратно-програмного комплексу, визначена група дослідників від НЦСВ на спільній нараді зробила наступні висновки:

на даний час комплекс не є прототипом виробів військового призначення, тобто не відповідає встановленим вимогам щодо систем та комплексів що можуть застосовуватися на зразках БТОТ;

заслугує на увагу реалізована у комплексі ідея щодо створення ситуаційної обізнаності командира машини та членів екіпажу;

Комплекс може бути елементом перспективної ІКС на шляху автоматизації (роботизації) та розробки новітніх зразків БТОТ та високотехнологічним засобом навчання в технічній підготовці екіпажів бойових машин.

Висновки

1. Проведений аналіз свідчить, що в підрозділах ЗС НАТО найбільший вклад для підвищення бойової ефективності сучасних зразків БТОТ, а також якісного та успішного виконання бойових завдань екіпажами машин, суттєвий вклад вносять ІКС та сучасні інформаційні і оптикоелектронні технології.

2. Перспективним шляхом для підвищення бойової ефективності зразків БТОТ та покращення процесу підготовки екіпажів бойових машин є розроблення та впровадження ІКС, сучасних автоматизованих комплексів та геоінформаційних систем.

3. Демонстраційний показ апаратно-програмного комплексу Land Platform Modernization Kit показав, що він може бути елементом перспективної ІКС для новітніх зразків БТОТ та високотехнологічним засобом навчання в технічній підготовці екіпажів бойових машин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Азов. В. (2003) Концепция создания единой информационно-управляющей структуры ВС США / В. Азов. // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – №1. – С. 3-10.
- Молитвин А. (2008) О реализации концепции единого информационного пространства НАТО / А. Молитвин // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – №1. – С. 23-27.
- Кондратьев А.Е. (2009) Проблемные вопросы исследования новых сетцентрических концепций вооруженных сил ведущих зарубежных стран / А.Е. Кондратьев // Военная мысль. – 2009. – № 9. – С. 61-74.
- Чельцов Б.Ф. (2009) Борьба за информацию на основе информации / Б.Ф. Чельцов, И.Ш. Замалтдинов, С.А. Волков // Воздушно-космическая оборона. – 2009. – №3(46). – С.82-89.
- Случайний М.Ю. (2011) Окремі воєнно-технічні аспекти розвитку сучасної збройної боротьби / М.Ю. Случайний, Ю.В. Пунда, Д.П. Музиченко, В.І. Тертічний // Наука і оборона. – 2011. – №4. – С.46-52.
- Васьківський М.І. (2010) Принципи побудови інформаційно-управляючих систем бронетанкового озброєння / М.І. Васьківський // Створення та модернізація озброєння і військової техніки МО України в сучасних умовах. Збірник матеріалів 10 науково-практичної конференції. – Феодосія: ДНВЦ ЗСУ, 2010. – С. 57-58.
- Васьківський М.І. (2011) Деякі аспекти побудови удосконалених інформаційно-управляючих систем бронетанкового озброєння / М.І. Васьківський, І.Б. Чепков // Наука і оборона. – 2011. – № 2. – С. 44-49.
- Анипко О.Б. (2008) Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники: монография / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк // Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 196 с.
- Шунков В.Н. (2000) Танки: Справ. / Шунков В.Н. – Минск: Попурри, 2000. – 400 с.
- Кораблин В. (2001) Танковые информационно-управляющие системы. Сухопутные войска – ЗВО – 5/2001 СУО современных танков и БМП <http://commi.narod.ru/txt/2001/0507.htm>
- Военное обозрение (2008) Ресурс IHLS armia.az 21/06/ 2018
- Лапчик П., Соловьев А., Михеев Ю., Демидов Е. Информационные системы управления боем <http://andrei-bt.livejournal.com>
- Маев С.В. (2001) Танки в XXI веке. Источник: *HBO*, 2001-04-13 http://nvo.ng.ru/armament/2001-013/1_tank.html
- Троценко О.Я. (2015) Роль високотехнологічних засобів навчання у системі бойової підготовки військ. / Троценко О.Я., Кізло Л.М. // Матеріали доповідей учасників науково-практичного семінару 29 жовтня 2015 р.– Львів:НАСВ,2015.– С.100 – 104

WAYS OF INCREASING THE COMBAT EFFECTIVENESS OF ARMoured VEHICLES AND TRAINING OF ARMoured VEHICLES' CREWS OF MECHANIZED AND TANK UNITS OF THE UKRAINIAN ARMY

Kostyuk V., Rusilo P., Kalinin O., Bagan V., Varvanets U.

Research laboratory (of armoured equipment and vehicles) research laboratory (mechanized and tank forces) of the Scientific Centre of Land Forces of Ukraine NA of LF.

Based on the analysis of the modern developments in armoured equipments and vehicles, taking into account innovative approaches of training of the military personnel of mechanized and tank forces, main problems were identified, which are related to increasing of military effectiveness of armoured equipment and vehicles and training of the armoured vehicle crew, some solutions of those problems were offered.

Key words: armoured equipments and arm forces, hardware programmable complex; situational awareness, «effect of transparent armour», glasses of the complemented reality.

УДК: 681.518.2

СТВОРЕННЯ НАДІЙНОЇ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ВЗАЄМОДІЇ ПІДРОЗДІЛІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ РОЗМІЩЕННІ НА МІСЦЕВОСТІ

Оборнєв С.

Науково-дослідний відділ (навчально-тренувальних засобів та бойового екіпірування) Наукового центру Сухопутних військ НАСВ

З урахуванням обстановки, у Східних регіонах України, складність організації взаємодії та підтримання її під час проведення операцій Об'єднаних сил обумовлюється відсутністю або недостатністю інформації про не законні збройні формування (НЗФ) і можливий характер їх дій, необхідністю дотримання прихованості підготовки бойових та спеціальних дій, обмеженістю можливостей щодо організації взаємодії на місцевості, наявністю цивільного населення у районі конфлікту та екологічно небезпечних об'єктів, руйнування яких неприпустиме, відсутність автоматизованої системи управління з відображенням ситуаційної інформації не дозволяє забезпечити якісне і своєчасне виконання бойових завдань в структурі загальновійськового підрозділу, бо потребує постійного моніторингу ситуації і локації усіх учасників в умовах швидкоплинного тактичного бою, що може призвести до важких наслідків, запропоновано шляхи для їхнього вирішення.

Ключові слова: Геоінформаційні системи (технології); електронні карти; наземний роботизований комплекс (НРК); цифрове поле бою; навігаційна система; програма розвитку НРК; розробка.

Вступ

Під час проведення операції об'єднаних сил у південно-східному регіоні України виникли проблеми не тільки щодо розміщення військових частин (підрозділів) Збройних Сил України у польових умовах. Питання створення ефективної системи охорони і оборони базових таборів українськими військовими підрозділами є актуальним завданням. Але разом з тим не знята проблема у створенні надійного і гнучкого управління в тактичній ланці. Аналіз сучасного стану системи управління Збройних Сил України та передових країн світу дозволив розробити задум створення єдиної автоматизованої системи управління (ЄАСУ) Збройних Сил України.

Він передбачає поєднання зусиль вітчизняної науки, технологій і виробничих можливостей, а також воєнно-наукового потенціалу та ресурсного забезпечення Збройних Сил України, поетапну побудову ЄАСУ, пріори-

тетність розробок її складових, враховує обмежені часові та фінансові ресурси.

При застосуванні нових форм та способів проведення бойових дій, командирам військових частин в першу чергу необхідно організувати виконання конкретних завдань в смузі відповідальності, особливо за дотриманням максимальної безпеки особового складу підрозділу під час виконання ними своїх обов'язків.

Аналіз останніх досліджень

Умови ведення бойових дій сучасності будуються на основі отримання першочергової інформації командиром підрозділу з театру бойових дій у найкоротші терміни, для оперативного реагування в ході виконання забезпечення визначених бойових завдань. У програму FBCB2 (Battle Command Brigade and Below – Бойове командування бригадою і нижче) американської армії включені програмні і апаратні засоби, які сприяють бойовому командуванню і надають ситуативні зображення на рівні бригади майже в реальному часі вниз до окремого солдата і окремої платформи. Інтегроване поле бою також означає перевагу в ефективності систем озброєння за рахунок використання просунутих сенсорів і швидкого надання інформації на кожен позицію в рамках всього театру військових дій (ТВД). [Кандауров, 2014].

Мережева інфраструктура буде також включати поєднання різних мережоцентричних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), оснащено оптичноелектронними/інфрачервоними (ОЕ/ІК) сенсорами і засобами зв'язку, що дозволить мати зв'язок в реальному часі.

Ці можливості розглядаються в якості основних у шведських придбаннях засобів C4I (командування, управління, засоби зв'язку, збір інформації та комп'ютери; інакше – багатофункціональна інформаційно-керуюча система).

Під час операції «Медуза» союзного контингенту в південному Афганістані у вересні 2006 року було продемонстровано застосування артилерії з укороченим циклом "сенсор-боєць"; вперше для цілевказання БПЛА посилав зображення майже в реальному часі. Вогнева підтримка здійснювалася нідерландським підрозділом з трьох самохідних 155 мм/52-кал гаубиць PzH2000NL від Krauss-Maffei Wegmann (KMW), розгорнутих разом із 155-мм буксируемими гаубицями M777 канадської армії. Під час цих бойових дій PzH2000NL вела вогонь осколково-фугасними (ОФ) снарядами M107 по передбачуваних позиціях Талібану на кордоні Кандагара і Урузган. Хоча після цих бойових дій більше ніякої додаткової інформації не було представлено, можливо, безпілот-

ним апаратом, який брав там участь, був тактичний БПЛА SPERWER виробництва Sagem Defense & Securite, який виконував польоти над районом, що цікавив, і надавав зображення для нової голландської системи інформаційного забезпечення вогневої підтримки AFSIS (Advanced Fire Support Information System – Передова інформаційна система вогневої підтримки). Операція проходила також за підтримки пілотованих апаратів, включаючи британські HARRIER GR7, французькі MIRAGE 2000, голландські вертольоти AH-64D APACHE і бомбардувальники F-16 MLU, американські F/A-18F SUPER HORNET і A-10 WARTHOG, бомбардувальники B-1B LANCER і B-52H, що обробляли позиції Талібану на південному заході Кандагара [Український мілітарний портал (2012)].

Але при цьому в інфраструктурі в цілому виявились певні недоліки – ефективність системи AFSIS, розробленої Центром забезпечення оперативного управління, була знижена в зв'язку з тим, що вбудована чотирьох-секундна затримка відкриття стрільби, що накладається AFSIS з метою синхронізації вогню взводу, була визначена занадто великою. При більш детальному аналізі застосування цифрових технологій виявлена затримка надходження інформації може обернутися не поправною помилкою яка призводить до ураження своїх військ [Стужук, 2012].

«Friendly fire» (дружній вогонь) – це негативна ситуація, яка має місце внаслідок об'єктивних та суб'єктивних причин, коли війська несуть втрати від ударів своїх або союзних сил. Вірогідність потрапити під такий вогонь дуже висока, якщо у бойових операціях задіяна велика кількість «своїх» та «чужих». Особливо на обмеженому просторі, коли втрачений або взагалі не встановлений інформаційний контакт між тими, хто пліч опліч веде бойові дії.



Рис. 1. Схема роботи системи «IFF» (Identification Friend or Foe)

Зазначена інформація отримується в основному за допомогою засобів зв'язку та автоматизації вказано на схемі (рис.1). Тому стійкість системи управління залежить в першу

чергу від безперервності та захищеності системи зв'язку. Зазначені засоби РЕБ (радіо – електронної боротьби) мають суттєвий вплив на стійкість та захищеність каналів зв'язку, що потребує від командирів відповідних навиків в організації системи зв'язку, яка б забезпечила оперативність та достовірність отриманої інформації і своєчасне уточнення завдань.

На конференції національних директорів з озброєнь, що проходила у квітні 2019 року м. Гент (Королівства Бельгія) зазначалося, що роботи з виконання національних програм, держав – членів НАТО, «Солдат майбутнього» тривають та проводиться поступове тестування перспективних зразків окремих засобів інтегрованої системи захисту солдата, проте про їх поєднання в одну систему захисту є передчасним.

Мета статті

Дослідити підвищення бойових можливостей військ, прискорення доведення інформації під час виконання бойового завдання в умовах швидкої зміни тактичної обстановки.

Основний матеріал

Ефективність управління – є досягнення, у найкоротші терміни виявлення, супровід і знешкодження усіх цілей противника, стійке забезпечення змін інформації в тактичній ланці при мінімальній затраті ресурсів. Проведений на підставі цього підходу аналіз існуючої системи управління тактичної ланки Сухопутних військ Збройних Сил України дозволяє виділити деякі аспекти, що негативно впливають на ефективність її функціонування. Процес управління підрозділами в бою, який існує на сьогоднішній день, відбувається за лінійним принципом, це коли загальновійськові командири, начальники родів військ (спеціальних військ, служб) управляють підлеглими по своїх «вертикалях» управління. Для порівняння в ланці командира батальйону постійно підтримується зв'язок з 8-12 абонентами, що більш ніж в 1,5 рази перевищує допустиму норму відповідно до фізіологічних можливостей людини. При цьому на жаль, ця система не дозволяє достатньою мірою оперативно реагувати на різкі зміни обстановки, що дуже важливо при безпосередньому зіткненні з противником робити відповідні висновки і вносити уточнення до бойових розпоряджень, що дуже проблематично в сучасних умовах.

Загальновійськовий бій в сучасних умовах набуває нового, все більш складного характеру, це бій не двох-трьох родів військ з кожного боку, а збройне зіткнення бойових систем. І через це важливе значення набуває

універсальність знань загальновійськового командира, його здатність вправно ставити завдання підрозділам за допомогою специфічних команд і сигналів.

21 – 22 листопада 2019 р. Генеральний штаб Збройних сил України вперше продемонстрував стан роботи у сфері створення та впровадження на озброєння армії України автоматизованих систем (АС) управління, передусім, АС Центру оперативного управління («Дзвін-АС»), АС бойового управління «Ореанда-ПС» та АС тактичної ланки управління («Простір»).

«Дзвін АС» (виробник – компанія «Еверест») є базовою частиною єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України.

Високоінтегрована, автоматизована система управління та контролю бойовими діями стратегічного, оперативного і частково тактичного («бригада») рівня, що дозволяє у напівавтоматичному та автоматичному режимах генерувати документи бойового управління, створювати та відслідковувати картографічну інформацію, отримувати вичерпні дані про власні війська, наявні розвіддані, дані про війська противника, їх поточне і перспективне забезпечення, а також проводити розрахунки співвідношення сил і засобів, оптимальності їх застосування у різних сценаріях, включаючи оренту супутників (рис.2).



Рис. 2. Відслідковування переміщення військ противника з супутника

АСУ «Простір» (виробник – компанія «Телекарт-Прилад») є тактичною складовою Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України, автоматизована система управління та сенсорів тактичного (батальйон-рота-взвод-відділення-солдат) рівня, що включає засоби автоматичного і напів автоматичного управління вогнем, сенсорами та засобами розвідки створено на базі захищених низько швидкісних та стійких для перешкод засобів та алгоритмів зв'язку [Заблоцький В., (2019)].

«Ореанда-ПС» (виробник – компанія «Аеротехніка») – це захищена АСУ авіацією та засобами протиповітряної оборони. Як складова частина ЄАСУ Збройних Сил України вона інтегрує комплекси управління авіації,

радіотехнічної та авіаційної розвідки, а також засобів ураження та пунктів управління. «Ореанда-ПС» дозволяє забезпечити автоматизоване, єдине рішення контролю повітряного простору інтегроване до аналогічних систем держпідприємства «Укрерорух» та до систем протиповітряної оборони і угруповання повітряним простором НАТО. В системі реалізовано стандарт НАТО щодо обміну інформацією про повітряну обстановку (Link-1). Вона здатна працювати в інтеграції з базою автоматизованою системою управління Збройних Сил України «Дзвін». При цьому дозволяє на третину скорочувати чисельність оперативно-особового складу, багаторазово скорочує час планування, постановку та виконання бойових завдань. Можливості виробництва оцінюються до 15 комплексів на рік, поточне виробництво – 1-2 комплекси на рік [Генеральний штаб Збройних Сил України, 2019].

Під час презентації заступник начальника Генштабу генерал-лейтенант Родіон Тимошенко зазначив, що «...всі елементи в рамках створення системи автоматизації Збройних Сил України замкнені, а у січні-лютому 2020 року цілком можливе впровадження нових систем в експлуатацію».

Тобто, в 2020 р. у Збройних Сил України є цілковита можливість прийняти на озброєння єдину автоматизовану систему управління та зробити суттєвий крок до цифрової армії, про яку чимало говорили у 2019 році. На протязі року можна ввести в експлуатацію 12 нових об'єктів ЄАСУ Збройних Сил України, що за оцінками фахівців коштуватиме не більше 1 млрд. грн.

Варто додати, що означені елементи ЄАСУ вже взяли участь у 4 навчаннях Збройних Сил України та підтвердили високі технологічні можливості. Проект дослідно конструкторських робіт (ДКР) «Дзвін» наразі перебуває на завершальній стадії реалізації. Найближчим часом планується провести випробування з подальшою дослідною експлуатацією та прийняттям на озброєння. Відповідно, вже прийнято рішення щодо обладнання пунктів управління на усіх ланках управління.

На стадії проектування перебуває робота зі створення АСУ механізованої бригади Сухопутних військ Збройних Сил України. За оцінкою Генерального штабу Збройних Сил України, цілком реально протягом 3-4 років поетапно завершити процес автоматизації Збройних Сил України в цілому поряд з переходом на цифрові технології і засоби зв'язку. Автоматизація дозволить не лише значно скоротити час на прийняття рішень і час реакції, що само по собі важливо в умовах війн і збройних конфліктів. Важливим суміжним

досягненням має стати оптимізація чисельності особового складу війська в цілому і зменшення витрат на його утримання.

Проект створення єдиної автоматизованої системи управління є по суті проектом цифрової армії в рамках цифрової держави Україна. При цьому проект «Дзвін» передбачає охоплення в рамках єдиної мережі інформацію не лише від військових джерел, але й від інших, у т.ч. цивільних органів управління, задіяних у забезпеченні національної безпеки. Існуючі мережі будуть в подальшому нарощуватися, залучати АСУ інших родів військ з метою оперативного реагування на загрози, що виникають [Фролов, 2012].

Що насправді дає впровадження в армії автоматизації? Це перехід на електронний документообіг. Підвищується оперативність. У проти повітряній обороні (ППО) досягнуто скорочення часу реакції на загрози до рівня кількох секунд, підвищено стійкість на дію ворожих засобів РЕБ. При ураженні повітряних цілей завдяки впровадженню АСУ і скороченню часу на виконання стрільби (пусків), вогневі позиції батареї, що стріляє, уникають демаскування перед противником.

Важливо підкреслити, що усі три зазначені фірми-розробники є приватними компаніями, які отримали право долучитися до створення стратегічно важливих систем в рамках конкурсу і після ретельного відбору кандидатів. Тобто, на ринкових і цілком конкурентних засадах, що відповідає світовій практиці і само по собі сприяє якісному виконанню робіт. Більш того, вони готові вкладати власні кошти для підвищення якості продукту і діють дуже активно.

Зокрема, під час демонстрації також було повідомлено про розробку приватними компаніями «Еверест» і «Практика» командно-штабної машини (КШМ) для рівня «бригада-батальйон». КШМ оснащена АСУ «Дзвін» та бортовою інформаційною системою «Hermes».



Рис. 3. Схема створення ЄАСУ «Солдат майбутнього»

При цьому, якщо «Дзвін-АС» створюється і фінансується в рамках ДОЗ (відпрацювання елементів рівня бригади і вище), то «Hermes» — цілком ініціативна розробка (для тактичного рівня). Нова КШМ змонтована на базі глибоко модернізованого БТР-60 і дозволяє

створювати інформаційне поле бою, з обміном інформацією, коли командування отримує повну панораму даних про обстановку на полі бою, а підлеглі бійці — оперативні команди. Система дозволяє виводити на монітори інтерактивні мапи місцевості з нанесеною тактичною обстановкою.

Усі три вітчизняні проекти автоматизації: «Дзвін-АС», «Ореанда» ПС та «Простір» цілком відповідають вимогам, стандартам та принципам системи С4ISR країн-членів НАТО. Вони створювалися за стандартами НАТО і є сумісними з аналогами країн Альянсу, розробками за програмою MIP (США), протоколами передачі даних за стандартами НАТО. Генерал Тимошенко поінформував, що «Дзвін-АС» «є для нас найбільш важливим, як системоутворюючий проект, до нього будуть після завершення ДКР підключатися інші, у т.ч. і «Простір». Тому «Дзвін» для Генерального штабу Збройних Сил України сьогодні пріоритетне завдання». Під час презентації «Простору» демонструвався концепт «Солдата майбутнього» від компанії «Телекарт-Прилад», з індивідуальним комплектом оснащення бійця. До складу останнього включено компактні мобільні засоби прихованого зв'язку (2-3 канали, у т.ч. унікальний широкополосний вітчизняної розробки), планшет і все необхідне для інтеграції бійця в сучасну тактичну систему поля бою. Йдеться про можливість окремого бійця щодо інформування про поточну обстановку власного командира і решти інтегрованих користувачів даних, тобто, знаходитися в єдиному інформаційному полі (наприклад, отриманих при застосуванні лазерного прицілу розвідки (ЛПР), так і можливість отримувати у зворотному напрямку необхідні дані, що дозволяють більш чітко оцінювати зміни обстановки і навіть отримувати цілевказівку для ураження цілей.

За повідомленням розробника, зазначений концепт створено з урахуванням сучасних світових трендів, представники української робочої групи активно і на рівних співпрацюють і обмінюються думками у зазначеній сфері із експертами НАТО, а також провідними іноземними компаніями, зокрема, польськими, канадськими та ізраїльськими.

Українські розробки не просто створюються за стандартами НАТО, а й враховують практичний досвід бойових дій на Донбасі. А конструктивні підходи вітчизняних фахівців змусили партнерів з Альянсу навіть переглянути вимоги одного із діючих стандартів НАТО щодо сенсорів тактичного рівня, децю поширивши його дію і на інші засоби.

Третьою складовою частиною ЄАСУ Збройні Сили України є АСУ «Ореанда-ПС». Вона вже прийнята на озброєння Збройні Сили

України і навіть поставлена на бойове чергування, у т.ч. в зоні проведення ООС. Наразі йдеться про систему, конфігуровано побудовану для вирішення завдань ППО. Система дозволяє забезпечити автоматизоване, єдине рішення щодо контролю повітряного простору, при цьому використовуються новітні цифрові технології у побудові комплексів і при цьому застосовувати їх на практиці разом із наявною базою техніки, що стоїть на озброєнні Збройних Сил України. За оцінками українських експертів, «Ореанда-ПС» цілком здатна витримати конкуренцію з кращими закордонними аналогами, а головне – вона є сумісною з ними.

Пункти бригадного управління передбачений як у стаціонарному, так і у мобільному варіантах. Пункт бригадного управління розгортається в польових умовах в межах однієї години. Він є повністю автономним, має власні джерела енергоживлення тощо.

У грудні 2018 р. Збройні Сили України отримали 8 перших АСУ «Ореанда-ПС». Загалом планується постачання 20 таких комплексів. Серед намірів українського Генштабу провести спільні навчання з силами НАТО після отримання усіх компонентів за темою «Ореанда-ПС». Причому за умов, щоб партнери видавали свої ввідні, наприклад, розвідувальну інформацію, а ми відпрацювали завдання своїми засобами.

Поряд з оснащенням Збройних Сил України сучасними зразками озброєння і техніки, одним із важливих напрямків переозброєння війська є забезпечення сучасними засобами навігації. Єдиним в Україні розробником і виробником апаратури супутникової навігації військового призначення є Державне підприємство «Оризон-Навігація».

На підприємстві організований замкнутий виробничий процес. Самостійно розробляються структурні схеми і топологія мікросхем, які виготовляються на замовлення на підприємствах у США, Великобританії, Німеччині в заданому виконанні. Подальше складання пристроїв відбувається безпосередньо на підприємстві.

Як відомо, особливістю створюваної на вітчизняному підприємстві продукції є можливість працювати за двома супутниковими навігаційними системами — GPS (США) і ГЛОНАСС (РФ), а останні моделі — ще й за європейською системою EGNOS. У перспективі розглядається можливість використання апаратури і з такими системами як GALILEO (ЄС) і COMPASS (Китай), а також WAAS (США) та MSAS (Японія).

На сьогодні для Української армії доволі актуальним стоїть питання створення екіпування «солдата майбутнього». Так, на під-

приємстві вже розроблені прилади для наземних рухомих об'єктів, а також апаратура індивідуального користування. Насамперед йдеться про виріб СН-3003М (рис.4). Вже кілька років ці прилади в різних модифікаціях постачаються на підприємства Києва і Харкова, є перспективи з розширення ринку збуту. Важливо, що виконуються поставки даних приладів в інтересах Збройних Сил України.



Рис. 4. Індивідуальний прилад СН 3003М

Разом з тим фахівці ДП «Оризон-Навігація» опрацьовують можливість створення сучасного портативного комп'ютера, з'єднаного з навігаційним приймачем, для польових умов експлуатації у форматі електронного планшета. Макетний зразок такого приладу в ініціативному порядку вже виготовляється на підприємстві. На думку експертів, такий формат з його можливостями і компактністю буде затребуваний в майбутньому. У ньому будуть застосовані потужні обчислювачі, сучасні дисплеї і нові типи інтерфейсів, зокрема бездротові.

Крім того, на сьогодні підприємством проведені випробування і впроваджена електронна картографія. Розроблено технологію конвертації і завантаження електронних карт у навігаційний прилад. Карти векторні, що дозволяє змінювати масштаб картинки, не втрачаючи при цьому якості даних, що відображаються. Також проводяться роботи з поєднання апаратури супутникової навігації зі штатними засобами радіозв'язку — цифровими і аналоговими. А це дуже важливий напрямок роботи. Адже не секрет, що більшість радіостанцій в Українській армії — аналогові. З метою нейтралізації цієї ситуації і зменшення ризиків у комплекти серійної апаратури підприємства включені модеми. Всі ці напрацювання є основою екіпування «солдата майбутнього».

Ще одним цікавим напрямком роботи ДП «Оризон-Навігація» є створення багатофункціонального комплексу розвідки та управління рис.5. [Оборнєв, 2019].

У якості концепції проведення робіт пропонується подальша модернізація навігаційного комплексу (НАК) СН-3210 «Базальт-К» з метою доведення його характеристик за рівнем вимог до системи управління класу C2 (Command and control).



Рис. 5. Автоматизований комплекс розвідки СН 4003

Розвиток новітніх технологій на базі швидкого впровадження мікроелектроніки, комп'ютеризації та мініатюризації електронної техніки створив умови створення озброєння автоматизованих командних систем. Що в подальшому вплине на терміни, якість і зменшення зусиль виконання поставлених бойових задач [Постников, 2011].

Висновки

1. Проведений аналіз свідчить, що система автоматизованого управління пов'язує кожен ешелон, вниз до одиночної бойової машини (бійця), з критичною інформацією для вирішення завдань в реальному часі, укорочуючи тим самим цикл «сенсор-боєць» і дозволяючи командирам використовувати всі свої бойові засоби та ресурси.

2. Мережева інфраструктура повинна включати поєднання різних мережоцентричних об'єктів отримання і передачі інформації даних в реальному часі. Ці можливості розглядаються в якості основних засобів С4І (командування, управління, засоби зв'язку, збір інформації та комп'ютери; інакше – багатофункціональна інформаційно-керуюча система).

3. Демонстраційний показ під час презентації створення системи автоматизації Збройні Сили України показав, що цілком можливе впровадження нових систем в експлуатацію комплексу бойового екіпірування в межах створення концепту «Солдат майбутнього».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Заблоцький В., (2019) Проект автоматизації. Цифровий вимір ЗС України за яких умов це можливо? Режим доступу: orpk.com.ua > цифровий-вимір-Збройні Сили України-за-яких- Інтегроване поле бою. Український мілітарс портал (2012) Режим доступу: <https://mil.in.ua/uk/intehrovane-pole-boiu/>
- Кандауров Д. (2014) Американская АСУВ FBCB2 [електронний ресурс] / Кандауров Д. // Описание системы АСУВ FBCB2 – Режим доступу: <http://blog.kp.ru/users/3400048/>

Оборнєв С.І. (2019) Створення багатофункціонального комплексу автоматизованого управління Збройних Сил України за стандартами НАТО / С.І. Оборнєв, В.В. Федоренко // Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної НТК «Геофорум – 2019». – Львів: Західне геодезичне товариство УТГК, лютий 2019 р.

Постников А.В. (2011) Время "автоматизированных" войн [електронний ресурс] / Постников А. // Независимое военное обозрение – Режим доступу: http://nvo.ng.ru/realty/2011-01-14/1_automate.html

Генеральний штаб Збройних Сил України, (2019) Режим доступу: orpk.com.ua > генеральний-штаб-Збройні Сили України-проде...

Стужук П.І. (2012) Світові тенденції, проблеми та перспективи створення автоматизованих систем управління військами (силами)/ Грицай П.М., Вознюк Ю.С. – К, 2012. – Збірник наукових праць ЦВСД НУОУ №1(45)

Фролов В. С. (2012) Структурно-логічна схема єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України / В. С. Фролов // Наука і оборона. – 2012. – № 1. – С. 15–23.

CREATION OF A RELIABLE NETWORK OF THE MOBILE COMPLEX OF INTERACTION OF UNITS OF ARMED FORCES OF UKRAINE DURING DEPLOYMENT ON THE LOCATION

Oborniev S.

Research department (training equipment and tactical gear) Scientific Center of Ground Forces

Taking into account the complicated situation in the Eastern regions of Ukraine, the complexity of organizing interaction and maintaining it during the conduct of hostilities is conditioned by the absence or insufficient information about indefensible armed formations (IAF) and the possible nature of their actions, the need to maintain the covert nature of military and special operations training. There are no limited opportunities for organizing interaction in the area, the presence of civilians in the conflict area and environmentally hazardous sites whose destruction is unacceptable. The presence of an automated control system with the display of situational information does not allow to provide high-quality and timely execution of combat missions in the structure of the military unit, because it requires constant monitoring of the situation and location of all participants in the conditions of rapid tactical combat, which can lead to serious consequences, ways are suggested for their solution.

Keywords: Geoinformation systems (technologies); electronic cards; terrestrial robotic complex; digital battlefield; navigation system; the NQF development program; development

УДК 621.396

БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИЙ ЛОКАЦІЙНИЙ ГЕОМОНІТОРИНГ У СПЕЦІАЛЬНИХ І НАРОДНОГО- СПОДАРСЬКИХ ЗАСТОСУВАННЯХ

Зубков¹ А., Петлюк¹ І., Щерба А.
Прудіус² І., Миронюк³ С.

1. Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів
2. Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
3. Державне конструкторське бюро «Південне», м. Дніпро

Багатоспектральний локаційний геомоніторинг призначений для детального дослідження фізичних характеристик спостережуваних ділянок земної поверхні шляхом спільного використання електротромагнітних хвиль, розсіяних і випромінюваних цими ділянками в різних частотних діапазонах. Інформаційність моніторингу пропорційна величині просторового рознесення парціальних каналів спостереження. Синтезовані оптимальні за критерієм максимуму правдоподібності алгоритми багатоспектральної обробки сигналів в режимі активної, напівактивної і пасивної локації, які дають можливість комплексного збільшення вірогідності і точності геомоніторингу з одночасним забезпеченням вседобовості і всепогодності.

Ключові слова: локаційний геомоніторинг; електромагнітна хвиля; оптичний, інфрачервоний, радіодіапазон; максимум правдоподібності; виявлення; розпізнавання; оцінка координат; радіо-діапазон; просторове діаграмо-утворення.

Вступ

Локаційний геомоніторинг є найефективнішим способом неконтактного (дистанційного) отримання інформації про стан і характеристики земної поверхні, в тому числі динаміки їх зміни. Область спеціального застосування геомоніторингу – інструментальна розвідка, наведення озброєння, навігаційне забезпечення. Области народногосподарського застосування – аерофотографія, геологія, оцінка стану будівельних споруд, прогноз і оцінка наслідків стихійних лих та ін. Дані напрямки досліджень як у військовій так і цивільній сферах є актуальними.

Аналіз останніх досліджень

Для локаційного моніторингу застосовуються канали спостереження різних ділянок спектра електромагнітних хвиль (ЕМХ) оптичного, інфрачервоного і радіо-діапазонів, який в подальшому визначаються як парціальні. Відомо, що пропускна здатність (прозорість) приземного шару атмосфери істотним чином

визначається для ЕМХ її фізичним станом (температура, вологість, оптична прозорість, наявність пиле димових і аерозольних перешкод). Зазначені явища призводять до різкої дисперсності властивостей приземного шару атмосфери:

- у світлу пору доби та в ясну погоду характеристики застосування ЕМХ інваріантні для діапазону;

- вночі різко зростають втрати ЕМХ оптичного діапазону (довжина хвилі $\lambda \approx 0,5$ мкм);

- несприятливі погодні умови (дощ, туман) пиледимові та аерозольні перешкоди, поряд з оптичним діапазоном, значно погіршують розподіл ЕМХ інфрачервоного діапазону (довжина хвилі $0,5 < \lambda < 12$ мкм);

- радіохвилі (довжина хвилі $\lambda > 1,0$ мм) мають так звані резонансні «вікна прозорості» атмосфери, які центруються поблизу довжин хвиль 1,3; 2,2; 3; 4; 8 мм, відповідно.

З іншого боку, відомо, що інформаційність дистанційного моніторингу визначається просторовою роздільною здатністю локаційного каналу, яка при обмеженій апертурі лінзи (антени) обернено пропорційна довжині хвилі.

Тому безсумнівний науково-прикладний інтерес представляє методологія об'єднання потенційних інформаційних можливостей парціальних спектральних каналів геомоніторингу з метою досягнення всепогодності, вседобовості і завадостійкості при забезпеченні мінімізації масогабаритних характеристик апаратури.

Мета статті

Визначити алгоритмічні шляхи спільної реалізації переваг каналів дистанційного моніторингу оптичного, інфрачервоного і радіодіапазонів в рамках інтегрованої апаратурної структури.

Основний матеріал

В роботі [Зубков, Прудіус (2008)] в загальному вигляді розкрили Методику інтеграції спектральних каналів геомоніторингу і показано, що комплексування локаційних каналів спостереження різних ділянок спектра ЕМХ в рамках єдиної інформаційно-вимірювальної системи є потужним інструментом підвищення ефективності дистанційного моніторингу. При цьому під комплексуванням [Зубков, Прудіус (2008)] розуміється сукупність технічних рішень на апаратному та програмному рівнях, які об'єднують переваги спектральних каналів.

В інформаційному аспекті об'єднання переваг парціальних спектральних каналів при

комплексуванні може бути досягнуто на рівнях:

- просторових вибірок формованих зображень спостерігаємих об'єктів і сцен (піксельний рівень);

- інформативних ознак спостерігаємих об'єктів і сцен;

- прийнятих поканально рішень.

Піксельний рівень дозволяє ефективно комплексувати парціальні канали з порівнянними просторовими розрізненими можливостями.

Такими каналами, зокрема, можуть бути суміжні ділянки оптичного, інфрачервоного діапазонів міліметрового радіо-діапазону. Збільшення спектрального рознесення парціальних каналів на цьому рівні утруднене через практичні обмеження, пов'язані з фізичними розмірами і точністю виготовлення апертурних частин оптичного (інфрачервоного) і радіодіапазонів.

Комплексування на рівні інформативних ознак, отриманих в єдиній системі координат (наприклад, після формування кутомірних дальністних, доплерівських, поляризаційних «портретів» [Зубков (2005)]), також вимагає сорозмірності просторових розрізнених можливостей парціальних спектральних каналів спостереження. Однак важливо відзначити, що на цьому рівні існує можливість розширення розмірності формуючих на виході багатоспектральної системи зображень і сцен. Так, наприклад, наявність високих дальністного і доплерівського розрізень в активних каналах радіодіапазону дозволяють доповнити оптичні (радіометричні) зображення в картинній площині дальністними і доплерівськими «портретами» [Зубков (2005)].

Комплексування на рівні прийнятих поканально статистичних рішень є найбільш загальним інформаційним підходом до підвищення ефективності геомоніторингу. При цьому слід зазначити, що фізичні принципи побудови парціальних спектральних каналів (активний, напівактивний, пасивний) і ступінь наближення їх структури до оптимальної не мають значення.

З точки зору теорії статистичних рішень проблеми дистанційного моніторингу може бути декомпозована на три завдання:

- виявлення об'єктів;

- вимір (оцінка) координат і параметрів руху об'єктів;

- розпізнавання (багатоальтернативність виявлення) об'єктів.

Послідовним застосуванням методу максимуму правдоподібності [Бакут, Большаков, Герасимов, Куракша, Репин, Тартаковський (1963, 1964)] в роботі [Зубков, Д'яков (2011)] синтезовані оптимальні алгоритми для всіх

трьох вищевказаних етапів локаційного спостереження.

Виявлення

$$\hat{a} = \sum_{k=1}^l h_k y_k^3 C, \quad (1)$$

де y_k - дискретна реалізація процесу на вході k -го парціального каналу; $h_k = \ln \left(\frac{D_k}{F_k} \times \frac{1-F_k}{1-D_k} \right)$ - вагові коефіцієнти, які характеризують інформаційний внесок k -го парціального спектрального каналу у виявлення об'єкта, що спостерігається; D_k, F_k - канальні умовні ймовірності правильного виявлення і помилкової тривоги; C - порогове значення, яке визначається з допускаемого рівня ймовірності помилкової тривоги F - для багатоспектрального виявлення в цілому.

З виразу (1) випливає, що:

введення додаткових спектральних каналів при виявленні еквівалентно збільшенню обсягу вибірки при дискретному накопиченні сигналів;

при рівноцінності каналів по завадостійкості різного підвищення ефективності багатоспектральної системи виявлення не досягається;

проте, навіть для двухспектральної системи наявність перешкоди, яка вражає один канал і не діє на інший канал, комплексуювання є корисним, оскільки для ураження каналу $D_k = F_k$, ваговий коефіцієнт $h_k = 0$ і провідна роль приходить до каналу, вільному від перешкоди.

Оцінка координат

$$\hat{\alpha} = \sum_{k=1}^l G_k \hat{\alpha}_k, \quad (2)$$

де $\hat{\alpha}_k$ - канальна оцінка координати α ;

$G_k = \frac{\frac{1}{\sigma_{k\alpha}^2}}{\sum_{k=1}^l \frac{1}{\sigma_{k\alpha}^2}}$ - вагові коефіцієнти, які характеризують відносну точність k -го парціального спектрального каналу і є мірою його вкладу в результуючу точність багатоспектральної системи оцінки координати α ; $\sigma_{k\alpha}^2$ - дисперсія канальної оцінки.

Розпізнавання (багатоальтернативне виявлення). Завдання розпізнавання характерне для ситуації, коли необхідно не тільки виявити ціль, але й визначити її клас. На практиці важливе значення має розпізнавання цілі апріорно заданого класу (наприклад, пускової установки), тобто необхідно прийняти одне з можливих рішень: цілі немає; ціль є, але не відноситься до заданого класу; ціль є і відноситься до заданого класу. Алгоритм оптимального розпізнавання в цьому випадку приймає вигляд

$$\sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^2 H_r^k V(Y - r_k) \geq C_{2j} \quad (3)$$

де $Y = (y_1, y_2, \dots, y_l)$ – l – мірний вектор часткових рішень; $y_k = 0$ – цілі немає; $y_k = 1$ – ціль хибна; $y_k = 2$ – ціль істинна; H_r^k – коефіцієнт, який визначає відносну вагу r -го рішення в k -му парціальному каналі, $r = 0, 1, 2$;

$$Y(y_k, -\mu) = \begin{cases} 1 & \text{при } y_k = \mu; \\ 0 & \text{при } y_k \neq \mu; \end{cases}$$

C_{2j} ($j = 0, 1$) – поріг, обраний виходячи з допустимих ймовірностей помилкової тривоги і прийняття помилкової цілі за справжню для багатоспектральної системи в цілому.

Правило (1–3) допускають просту фізичну інтерпретацію – чим вище статистична надійність парціального спектрального каналу, тим більшу вагу йому надається.

На рис. 1 представлена загальна структурна схема багатоспектрального приладу спостереження

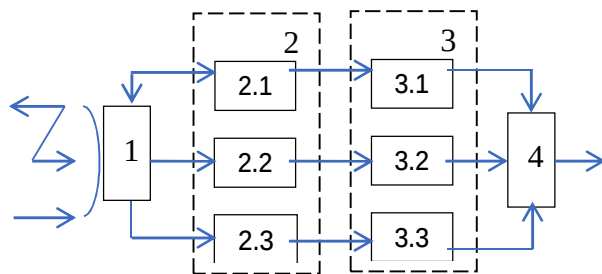


Рис. 1. Багатоспектральний прилад спостереження

- 1 – єдиний блок просторового діаграмоутворення; 2 – прийомо-передаючий (приймальний) тракт парціального каналу; 3 – блок обчислення компонентів алгоритмів (1) (2) (3); 4 – блок обчислення вагових сум (1) (2) (3).

Основні вимоги до блоку просторового діаграмоутворення – точне взаємо-юстирування парціальних спектральних каналів за напрямом [Zubkov, Prudyus, Krasnik, Myronyuk, Shcherba, Junda (2016)]

Висновки

- Отримані алгоритми багатоспектральної обробки сигналів геомоніторингу в режимах активної, напівактивної та пасивної локації.
- Запропоновано загальну структурну схему багатоспектрального приладу спостереження для практичної реалізації геомоніторингу

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Зубков А. (2008) Итегрированные многоспектральные системы геомониторинга. Концепция построения / А. Зубков, И. Прудиус // МРФ 2008: 3-й Междун. радиоэлектр.

форум: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНУРЕ, 2008. – С.283–286.

Зубков А. (2005) Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Ч.1. Принципы построения

Зубков А. (2005) Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Ч.2. Принципы построения /А.Н. Зубков // Радиоэлектронника ВУЗов. – 2005. – т.49, №10. – с.3-10.

Бакут П. (1963) Вопросы статистической теории радиолокации /П.А. Бакут, И.А. Большаков, Б.М. Герасимов, В.А. Куракша, В.А. Репин, Г.П. Тартаковский//: под ред. Г.П. Тартаковского. – М.: Сов. радио, 1963. – Т.1. – 318 с.

Бакут П. (1964) Вопросы статистической теории радиолокации /П.А. Бакут, И.А. Большаков, Б.М. Герасимов, В.А. Куракша, В.А. Репин, Г.П. Тартаковский//: под ред. Г.П. Тартаковского. – М.: Сов. радио, 1964. – Т.2. – 1079 с.

Зубков А. (2011) Оптимізація алгоритмів комплексування парціальних каналів багатоспектральних приладів артилерійської розвідки для всіх етапів спостереження /А.М. Зубков, А.В. Дяков // Військово-технічний збірник. – 2011. – №2 (5). – С. 12–17.

Zubkov A. (2016) Multispectral Radioelectronic System of Remote Monitoring. Suentific and Tehnical Basis and Spheres of Practical Application / A. Zubkov., I. Prudyus, I.Krasnik, S.Myronyuk, A.Shcherba, V.Junda // TCSET' 2016: Lviv–Slavske, Ukraine: 2016. – pp. 303 – 307

MULTIPLE SPECTRAL LOCATION GEOMONITORING FOR SPECIAL AND NATIONAL ECONOMIC PURPOSES

Zubkov A., Petliuk I., Shcherba A., Prudius I., Mironyuk S.

Multispectral location geomonitoring is intended for a detailed study of the physical characteristics of the observed areas of the earth's surface by the joint use of electromagnetic waves scattered and emitted by these regions in different frequency ranges. It is shown that monitoring information is proportional to the magnitude of the spatial diversity of the partial observation channels.

The algorithms of multispectral signal processing in the mode of active, semi-active and passive location, which allow for complex increase of probability and accuracy of geomonitoring with simultaneous ensuring of all-roundness and all-roundness, are synthesized optimal by the criterion of maximum likelihood.

Keywords: location geomonitoring; electromagnetic wave; optical, infrared, radio; maximum likelihood; detection; estimation of coordinates; recognition; maximum likelihood method; spatial diagram-formation.

УДК 621.396

САМОНАВЕДЕННЯ РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ

Зубков¹ А., Юнда¹ В., Красник¹ Я.,
Мартиненко¹ С., Павленко² В.

¹ Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

² Державне підприємство «КБ «Южное», м. Дніпро

Розглянуто спосіб і питання технічної реалізації режиму самонаведення ракети на наземну ціль при зміні цілефонового контрасту. В основу способу покладено метод багатоспектральної локації, який враховує співвідношення сформованих в радіолокаційному і тепловому (радіотепловому) каналах зображень як «позитив» і «негатив». Запропонована методика моделювання цілефонові обстановки при багатоспектральному геомоніторингу, яка оснований на трансформації оптичних зображень в теплові і радіолокаційні.

Ключові слова: геомоніторинг; координатор цілі; оптичне зображення; самонаведення; цілефоновий контраст.

Вступ

Автономне самонаведення ракети дозволяє реалізувати потенціальні точності попадання в ціль [В.И. Марисов, И.К. Кучеров, (1959)]. Фізичним джерелом інформації про ціль для формування команд самонаведення є поля різноманітних ділянок спектру електромагнітних хвиль (ЕМХ), розсіяні або випромінені ціллю. При наведенні на наземну ціль цим полям є супутні поля, які розсіяні або випромінені ділянками місцевості що оточують ціль (фоном). Основні характеристики каналу самонаведення ракети (дальність, точність, динаміка) визначаються позитивним енергетичним співвідношенням інтенсивності полів цілі і фону (цілефоновим контрастом).

Аналіз останніх досліджень

Актуальною є задача точного самонаведення в динамічно змінній цілефоновій обстановці, яка визначається величиною і знаком цілефонового контрасту (ЦФК). Відомі методи самонаведення ракет на наземні (надводні) об'єкти, які засновані на порівняльному аналізі сигналів що формуються ціллю і оточуючим фоном [Куркоткин, Стерлигов (1990)].

При цьому в активному радіолокаційному каналі для цілей з формоутворюючою поверхнею, яка містить в собі метал, ехо-сигнал на фоні відбиття від діелектричної оточуючої ділянки земної поверхні має позитивний знак. Ситуація міняється для сигналу цілі з діелектричною поверхнею. В активному радіолокаційному каналі він різко знижується, в той час як в тепловому (радіотепловому) каналах зростає [Мельник, Зубков, Степаненко (1980)].

Мета роботи

Розробка і аналіз методу самонаведення ракети на наземну ціль, інваріантного до знаку ЦФК, здатного забезпечувати безперервність самонаведення в завадовій обстановці, яка динамічно міняється.

Основний матеріал

Фізичними факторами, які визначають потужність сигналу і фону на вході головки самонаведення (ГСН) ракети є електродинамічні властивості матеріалу конструкції цілі і ділянки місцевості, яка безпосередньо оточує ціль (електропровідність, діелектрична проникність, комплексний коефіцієнт втрат). Одночасно енергетика сигналу цілі і фону визначається траєкторією польоту ракети на ділянці самонаведення, згасанням ЕМХ, які відбиті або випромінені ціллю на траєкторії «ракета-ціль». Незалежно від ділянки спектру ЕМХ, що використовується, під цілефоновим контрастом розуміємо співвідношення

$$\Theta = \frac{P_{\psi}}{P_{\phi}}, \quad (1)$$

де P_{ψ} , P_{ϕ} – потужність сигналів цілі і фону відповідно.

В активному радіолокаційному каналі енергетика сигналу цілі визначається ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР) цілі [Бакулев, Степин (1986)]

$$\sigma_{\psi} = 4\pi r_{\psi}^2 \frac{P_2}{P_1}, \quad (2)$$

де P_1 , P_2 – щільності потоку потужності зондуючого сигналу і ехо-сигналу; r_{ψ} – відстань «ракета-ціль».

Оскільки ЕПР цілі залежить від ракурса підльоту ракети, при розрахунках вводять поняття середньої ЕПР

$$\bar{\sigma}_{\psi} = AS_{\psi}, \quad (3)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, пов'язаний з властивостями відбиття матеріалу конструкції; S_{ψ} – геометрична площа проекції цілі на картинну площу (перпендикулярну лінії візування цілі).

Для імпульсних зондуючих сигналів середня ЕПР фону визначається [Бакулев, Степин, (1986)]

$$\bar{\sigma}_\phi = \frac{1}{2} \rho_M r_y \Delta \theta_a c \tau_u \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (4)$$

де r_u – поточна дальність цілі; ρ_m – коефіцієнт відбиття від місцевості; $\Delta\Theta_\alpha$ – ширина основного пелюстка діаграми направленості антени ГСН в курсовій площині наведення ракети; ε – кут наведення в площині тангажу; t_u – тривалість зондуючого імпульсу; c – швидкість світла.

Тоді цілефоновий контраст в радіолокаційному каналі

$$\Theta = \frac{\bar{\sigma}_y}{\bar{\sigma}_\phi} = f(\rho_m, r_y, \varepsilon). \quad (5)$$

Для теплового каналу енергетика сигналу цілі визначається формулою Релея-Джинса [Л.З. Криксунов, П.А. Падалко1987]

$$B_f = \frac{2kT}{\lambda^2}, \quad (6)$$

$$\text{де } B_f = \frac{d \Pi_f}{d \Omega} \text{ [Вт/м}^2\text{ГцСтр]} - \text{«яскравість»}$$

цілі, Π_f – спектральна густина потоку потужності теплового випромінювання проекції цілі на “картинну площину”; Ω – кут проекції тіла цілі на цю площину; $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К° – постійна Больцмана; T – термодинамічна температура цілі.

На практиці замість термодинамічної (дійсної) температури T доцільно використовувати відносну (яскравісну або радіояскравісну) температуру $T_{\text{я}} < T$, яка згідно закону Кірхгофа пропорційна термодинамічній

$$T_g = vT, \quad (7)$$

де ν – коефіцієнт поглинання матеріалу конструкції цілі.

Тоді для теплового каналу по аналогії з (3) можна записати

$$B_f = BS_u, \quad (8)$$

де B – коефіцієнт пропорційності, який пов'язаний з поглинаючими властивостями матеріалу конструкції цілі.

Відома фундаментальна залежність

$$v=1-\rho, \quad (9)$$

де ρ – коефіцієнт відбиття матеріалу конструкції цілі.

Ця обставина з урахуванням виразів (3) і (8) дозволяє розглядати активні радіолокаційні і теплові зображення цілі як «позитив» і «негатив» відповідно.

Вищеперераховане дає підставу стверджувати, що єдиним ефективним шляхом забезпечення інваріантності характеристик контура

самонаведення ракети до знаку цілефонового контрасту є застосування мультиспектральної ГСН, координатор цілі (КЦ) якої утримує в крайньому разі два парціальних спектральних канала – радіолокаційний і тепловий (радіотепловий) [Зубков, Юнда, Коленников, Залуцкая (2013)].

Ключовим схемоконструкторським завданням є забезпечення взаємоюстрованої в просторі і взаємосинхронної по часу роботи парціальних спектральних каналів. На практиці це досягається єдиною електродинамічною схемою діаграмоутворення [Зубков, Прудіус, Смеркло, (2004)]. Структурна схема КЦ, нечутливого до знаку цілефонового контрасту представлена на рис. 1 (в α -площині самонаведення).

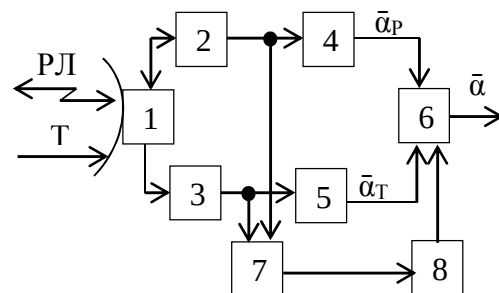


Рис. 1. Загальна структурна схема КЦ,
нечутливий до знаку цілефонового контрасту:

1 – єдиний діаграмоутворюючий пристрій радіолокаційного (РЛ) і теплового (Т) каналів; 2 – прийомопередавач РЛ каналу; 3 – приймач Т каналу; 4, 5 – пеленгатори РЛ і Т каналів відповідно; 6 – блок формування мультиспектральної оцінки; 7 – аналізатор цілефонового контрасту; 8 – блок формування вагових коефіцієнтів пеленгаторів $G_{РЛ}$, G_T

Алгоритм роботи блоку формування
мультиспектральної оцінки

$$\hat{\mathbf{a}} = G_{P\parallel} \hat{\mathbf{a}}_{P\parallel} + G_T \hat{\mathbf{a}}_T, \quad (10)$$

де $\hat{a}_{PL}$, $\hat{a}_T$ – парціальні оцінки кутової координати цілі; $G_{PL}, G_T \in [0;1]$ – вагові коефіцієнти, що формуються на основі аналізу цілефонового контрасту у відповідності з алгоритмами, представленими в [Зубков, Д'яков, Мартиненко, Щерба (2010)].

На етапах створення і відпрацювання ракетного озброєння важливу роль має методологія моделювання цілефонової обстановки (ЦФО). Стосовно багатоспектрального геомоніторингу вона включає [Zubkov, Prudyus, Krasnik, Martynenko, Myronyuk, Shcherba, Yunda (2016)]:

- методику аналітичного представлення полів, які формуються елементами формоутворюючої поверхні цілі в парціальних каналах;

– методику трансформації візуальної моделі спостережуваної цілі в математичну модель формування напруженості (інтенсив-

ності) електромагнітного поля в “картинній площині” спостереження з урахуванням впливу атмосфери;

– формування діаграм зворотного розсіювання (ДЗР) цілей в радіолокаційному каналі, який володіє цілодобовістю, всепогідністю і найбільшою дальністю дії.

Поле цілі, що спостерігається, є суперпозицією напруженостей (для когерентного випадку) або інтенсивностей (для некогерентного випадку) полів, які формуються елементами формоутворюючої поверхні цілі

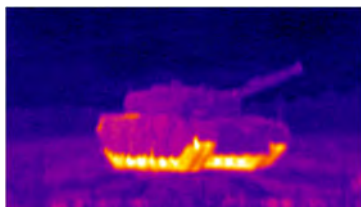
$$E(x,y,z) =$$

$$= \sum_{n=1}^N \frac{A}{R_n^2} \delta_n(a_n, \beta_n, \lambda) \exp[2\mu R_n + i(2kR_n - \omega t)], \quad (10a)$$

$$I = \sum_{n=1}^N I_n \exp[\mu(\lambda)R_n], \quad (10б)$$

де d_n – ДЗР елемента цілі; A – амплітуда зонduючого сигналу; μ – коефіцієнт прозорості атмосфери; k – хвильове число; ω – кругова частота зонduючого сигналу; I_n – інтенсивність випромінювання n -го елемента цілі (ефективна температура); R_n – похила дальність до елемента формоутворюючої поверхні цілі.

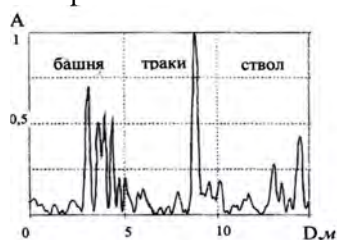
На рис. 2 представлені парціальні зображення типового наземного об’єкта – в тепловому і фотоконтрастному каналах в “картинній площині”, в радіолокаційному каналі дальнісний “портрет” [А.Н. Зубков, 2005].



а) тепловий канал



б) фотоконтрастний канал



в) радіолокаційний канал

Рис. 2. Парціальне зображення типового наземного об’єкта

Загальну ідею моделювання цілефонової обстановки ілюструє рис. 3.



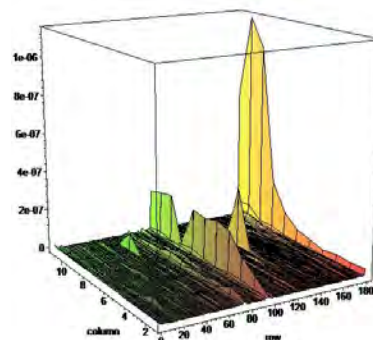
Рис. 3. Моделювання цілефонової обстановки

Опорним є оптичне зображення в центрі рис. 3, елементи якого конвертуються в полігональну модель у вигляді кінцевої сукупності елементарних відбивачів (випромінювачів) з визначеним набором електродинамічних особливостей. На наступному етапі полігональна модель імпортується в 3D модель цілі у вигляді трикутних примітивів, які орієнтовані у просторі і утримують всю інформацію про матеріал формоутворюючої поверхні (коефіцієнт відбиття, коефіцієнт поглинання і ін.). Фінішними етапами є:

– формування розподілень напруженості (інтенсивності) електромагнітного поля в “картинній площині” спостереження з урахуванням впливу атмосфери;

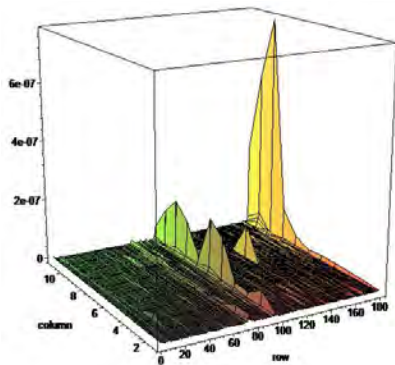
– формуванням ДЗР об’єкта, що спостерігається, шляхом зміни точки спостереження.

Алгоритмічна і програмна реалізація методики моделювання мультиспектральної ЦФО розглянута в [Юнда, Зубков, Косовцов, Атаманюк, Мочерад (2016)]. Оскільки радіолокаційний канал у багатоспектральній системі спостереження є базовим було виконано моделювання ДЗР типових наземних об’єктів (залізничний міст, ракетна пускова установка, вертоліт) в діапазонах радіочастот 35 Гц і 95 Гц на відстанях 1000 м при кутах візування по тангажу 75-85 кут. град, по рисканню 0-180 кут. град, характерних для ділянки самонаведення ракет. На рис. 4 в якості ілюстрації представлені полігональна модель ракетної пускової установки і її ДЗР на частотах 35 Гц, 95 Гц. На ДЗР чітко проявляються характерні конструктивні елементи цілі.



а) частота 35 Гц

Рис. 4. Полігональна модель пускової установки, її ДЗР



б) частота 95 ГГц

Рис. 4. (Продовження). Полігональна модель пускової установки, її ДЗР

В середовищі Maple 15 створені масиви даних з кроком 1 кут. градус і отримані матриці розміром 181×11 , які можуть бути використані для обґрунтування структури і характеристик систем мультиспектрального моніторингу.

Висновки

1. Інваріантність характеристик самонаведення ракет до величини і знаку цілефонового контрасту об'єктів, що спостерігаються, забезпечується шляхом мультиспектральної обробки сигналів, що приймаються, по розробленому адаптивному алгоритму.

2. Усі елементи адаптивної мультиспектральної системи самонаведення допускають технічну реалізацію.

3. Розроблена методологія моделювання багатоспектральної цілефонової обстановки, яка забезпечує на початкових етапах проектування оцінку енергетичних і точнісних характеристик системи самонаведення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Марисов В.И. Управляемые снаряды / В.И. Марисов, И.К. Кучеров. – М.: Военное издательство, 1969.
- Куркоткин В.И., Стерлигов В.И. Самонаведение ракет / В.И. Куркоткин, В.И. Стерлигов. – М.: Военное издательство, 1990. – 240 с.
- Радиолокационные методы исследования Земли / Ю.А. Мельник, С.Г. Зубкович, В.Д. Степаненко и др. Под ред. Ю.А. Мельника. – М.: Сов. Радио, 1980. – 264 с.
- Бакулев П.А. Методы и устройства селекции движущихся целей. / П.А. Бакулев, В.М. Степин. – М.: Радио и связь, 1986.
- Криксунов Л.З. Тепловизоры. Справочник / Л.З. Криксунов, П.А. Падалко. – Киев: Техника, 1987.
- Зубков А.Н. Самонаведение ракеты на наземную цель при знакопеременном

целефоновом контрасте / А.Н. Зубков, В.А. Юнда, И.З. Залуцкая, А.П. Коленников // Научно-технический сборник. – Львів: АСВ, 2013. – № 2(9). – С. – 31 – 35.

Патент 70868 А Україна, МПК G01I 1/00, G01S 13/00. Спосіб дистанційного моніторингу земної поверхні та інтегрована система для його реалізації / А.М. Зубков, І.М. Прудіус, Л.М. Смеркло (Україна). – № 2003123144; Заявлено 30.12.2003. – Опубліковано 15.10.2004. – Бюл. № 10.

Зубков А.М. Аналізатор завадової обстановки для адаптивної багатоспектральної системи спостереження / А.М. Зубков, А.В. Д'яков, С.А. Мартиненко, А.А. Щерба // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 4(91). – С. 68-70.

Зубков А.Н. Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Сопоставление и интеграция с оптическими каналами, результаты эксперимента / А.Н. Зубков // Радиоэлектроника. – 2005. – №10. – С. 3-10.

Юнда В.А. Комп'ютерне моделювання мультиспектральної цілефонової обстановки при самонаведенні ракети на наземну ціль / В.А. Юнда, А.М. Зубков, Ю.М. Косовцов, В.В. Атаманюк, В.С. Мочерад // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – №1 (22). – С. 151-155.

SELF-LAYING OF THE MISSILE AMUNITION ON THE BASIC OF THE CONCEPTIONS OF MULTISPECTRAL MONITORING

Subkov¹ A., Yunda¹ V., Krasnyk¹ Ya., Martynenko¹ S., Pavlenko² V.

1. Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv

2. Yuzhnoye State Design Office, Dnipro

The article highlights the manner and issues of technical implementation of the mode of missile's self-homing on the ground target at the change of target background contrast. The manner's basis includes the method of multispectral location, which considers the correlation of images formed in radio-locating and thermal (radio-thermal) channels as "positive" and "negative". The article also proposes the methodology of modeling the target background environment at the multispectral geomonitoring, which is based on the transformation of optical images into thermal and radio-locating.

Keywords: geomonitoring; target coordinator; optical image; self-homing; target background contrast.

УДК 355.67

АВТОНОМНІ ПОЛЬОВІ ТАБОРИ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ВІЙСЬК

Оборнєв С., Федоренко В.

Науково-дослідний відділ (навчально-тренувальних засобів та бойового екіпірування) Наукового центру Сухопутних військ НАСВ

Початок бойових дій на Сході України виявив дуже багато проблем перед якими економіка держави виявилась безсила. Відсутність власних розробок, досліджень та логістичного забезпечення в Збройних Силах України показало слабкі місця і в питаннях розміщення військ у польових умовах. Мова йде про типові проекти господарських споруд модульного типу, які швидко розгортаються, згортаються, передислоковуються і найголовніше – функціонують в автономному режимі.

Ключові слова: польові навчання, розміщення, розквартирування, польові умови, табори, бойова підготовка.

Вступ

Тривалий характер проведення операції Об'єднаних сил (ООС) та зміни умов обстановки у зоні її проведення вимагають постійного аналізу та вжиття відповідних заходів щодо забезпечення готовності військ до виконання поставлених завдань.

У ніч з 10 на 11 липня 2014 року в районі н.п. Зеленопілля Луганської області російська реактивна артилерія зі своєї території завдала потужного удару по району, де розташовувався базовий табір військ. Загалом внаслідок обстрілу базового табору загинуло 30 військовослужбовців Збройних Сил України та 6 прикордонників, ще 120 чол. дістали поранення різного ступеня тяжкості або були контужені. Табір зруйновано вщент. Обстріл вівся впродовж приблизно 30 хв, а після нього ще понад годину детонував боєкомплект, який був у базовому таборі [Я. Тинченко, 2016].

Тому, обладнання табору є гарантоване забезпечення виконання особовим складом військових частин (підрозділів) покладених завдань у визначеному районі (операційній зоні), захист особового складу, озброєння, військової техніки та матеріально-технічних ресурсів від засобів ураження, виконання заходів бойового, тилового і технічного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень

Серед заходів підтримання готовності військ до застосування важливим заходом є

своєчасна заміна (ротація) військ для їх відновлення, що здійснюється з метою удосконалення бойових порядків підрозділів. **Актуальним** залишається дослідження даного питання, яке зумовлено перш за все відсутністю спеціального теоретично обґрунтованого та узагальненого досвіду інших держав у виготовленні, облаштуванні та охороні й обороні базових польових таборів при виконанні завдань в зонах проведення бойових дій [Череватий (2017)].

Мета роботи – висвітлення основних проблем пов'язаних із створенням автономних польових таборів для розміщення військ.

При організації порядку охорони і оборони базового табору необхідно враховувати наступні чинники:

- наявність та активність дій незаконних збройних формувань, диверсійних (диверсійно-розвідувальних) груп противника в районі виконання завдань (ймовірні шляхи пересування, райони зосередження (розгортання) та загрози напрямки їх дій);

- налаштованість та потенційні можливості місцевого населення (громадських об'єднань) щодо проведення провокаційних дій, блокування шляхів сполучення, джерел з питною водою та інших елементів інфраструктури у визначеній операційній зоні (районі);

- наявність та ймовірність ураження вогневими засобами противника;

- ймовірні місця мінування противником шляхів сполучення, місцевості та облаштування його вогневих засад.

Основний матеріал

Автономні польові табори та укриття фірми HTS Höcker (ФРН) призначені для швидкого зведення та створення інфраструктури з повним циклом життєзабезпечення для військових і гуманітарних потреб на короткочасні та довгострокові потреби. Компанія має великий досвід виробництва укриттів швидкого розгортання, житлових модулів, ангарів і палаток. HTS Höcker – єдина компанія у світі яка має патент на виробництво конструкцій з алюмінію і карбону для військових і гуманітарних палаток (рис.1) [Röder HTS Höcker (2017)].



Рис. 1. Польові табори та укриття фірми HTS Höcker (ФРН)

Намети і укриття HTS Höcker виготовляються в різних модифікаціях: пневмокаркасні надувні намети і модулі; каркасні намети; польові госпіталі; ангари збірно-розбірні; укриття і ангари для авіаційної техніки; блок-модулі контейнерного типу.

Наметові конструкції HTS Höcker комплектуються всім необхідним обладнанням для повноцінного автономного функціонування. Поряд з тим, у компанії виробника Karcher Futuretech GmbH, обладнання комплектуючих автономного табору не підходить для експлуатації в умовах України і взагалі є продукцією цивільного призначення. Наприклад, рефрижератор для зберігання і перевезення продуктів призначений для руху тільки по шосейних дорогах. А варто йому з'їхати на ґрунт, як виявляється, що його не можна буксирувати за армійськими автомобілями, у яких колія набагато ширше, ніж у цього причепа. І таких неприємних особливостей у закордонного обладнання виявилось безліч.

В Україні на сьогодні проведено технічну специфікацію комплекту польового табору, в тому числі за окремими його елементами, та моніторинг підприємств України щодо можливості їх виготовлення.

З метою забезпечення належних умов для розміщення військ (сил) у польових умовах керівництво Збройних Сил України реалізує проект експериментального автономного польового табору для розміщення батальйону з використанням сучасних модульних конструкцій, змонтованих на базі контейнеру типу C1, захищених споруд та комплекту польової інфраструктури для життєзабезпечення особового складу, що дає змогу в першу чергу підвищити рівень захищеності особового складу та можливість використання в якості засобу пересування зразки вітчизняного виробництва [Годзь (2017)].

Така модифікація дозволить застосовувати уніфіковане обладнання на виробництві, що знизить цінову вартість виробу, сприятиме покращенню характеристик маскування та скоротить час на розгортання-згортання.

До складу комплекту входять (рис. 2) каркасні намети для розміщення особового складу, модульні конструкції для розташування побутових приміщень, медичного підрозділу, штабу тощо.

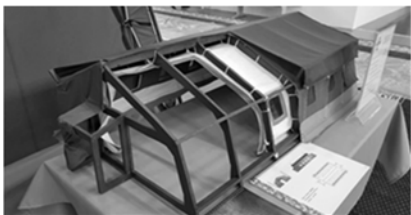


Рис. 2. Навет польовий для табору ЗС України

Мобільний лазне-пральний комплекс (рис. 3) складається з мобільного прального модуля для прання речового майна індивідуального користування в польових умовах з можливостями (прання 400-600 кг за 20 годин роботи) та мобільного лазневого модуля (миття 60 чол. за годину).



Рис. 3. Мобільний лазневий модуль, змонтований у 20-ти футовому контейнері

Для вирішення завдань електрозабезпечення військових об'єктів у польових умовах і живлення різних споживачів розроблено дизельний електрогенератор контейнерного типу або станція-енергомодуль загальною потужністю до 500 кВт, напругою на виході 250-230/380-400 В, частотою 50 Гц. (рис. 4), яка облаштована системами регулювання частоти обертів, автоматичного регулювання напруги, автоматичного підключення і зовнішньої синхронізації мережі, запобіжного вимкнення та аварійним вимикачем.



Рис. 4. Дизельний електрогенератор контейнерного типу

Для зберігання артилерійських (інженерних) боєприпасів (рис. 5), пропонується польовий склад



Рис. 5. Модуль для розміщення зброї та боєприпасів

Він повинен відповідати наступним вимогам:

забезпечувати розосереджене розміщення запасів;

мати природні укриття для розміщення запасів (балки, кар'єри, печери, гrotи і т.і.), чим забезпечувати маскуванню складу;

грунт повинен забезпечувати відкопування укриттів глибиною 1,2 – 2 м.

облаштування укриттів для особового складу;

облаштування доріг на території складу і під'їзних шляхів до складу, а також місць стоянки завантажених та порожніх транспортних засобів і контрольно-перевірочних пунктів;

облаштування котлованів і майданчиків для зберігання запасів;

облаштування водоймищ і протипожежних постів;

облаштування постової сигналізації;

облаштування майданчика спеціальної обробки;

місця зберігання займистих матеріалів;

маскування території складу природними методами (насадження кущів, дерев та ін.);

облаштування зони охорони і оборони складу [Г. Воробйов, 2014].

Для зберігання пального на польових складах можна використовувати нові модулі ємністю 16 м³ та 20 м³ (рис. 6), для зберігання і заправлення техніки світлим нафтопродуктами.



Рис. 6. Модуль ємністю 16 м³ та 20 м³

Пропонується варіант (рис.7), обладнання зони фізичної підготовки, яка була створена та випробувана в Національній академії сухопутних військ на 184 навчальному центрі (с. Старичі, Львівська область).



Рис. 7. Модуль обладнання для фізичної підготовки

За планом має відбутися закупівля та дослідна експлуатація зразків, що будуть складати інфраструктуру батальйонного автономного польового табору, за результатами якої комплекти будуть передані до Збройних Сил України.

Висновки

1. Основним призначенням методичних рекомендацій з обладнання, розташування та побудови автономних польових таборів військових частин (підрозділів) є порядок підготовки та організації системи надійної охорони та оборони, забезпечення швидкого розгортання і згортання, можливість переміщення у бойових умовах та всебічне забезпечення ефективності функціонування (виконання завдань за призначенням) батальйонного автономного польового табору у майбутньому.

2. Можливість комфортного розміщення військових частин (підрозділів) Збройних Сил України на місцевості в умовах ведення гібридної війни, дозволить не тільки зберегти наявний особовий склад, а також дасть можливість всебічного забезпечення підрозділів під час виконання ними бойових завдань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Воробйов Г.П. (2014) Методичний посібник щодо організації і здійснення охорони та оборони, повсякденної діяльності військових частин (підрозділів) Збройних Сил України, які розташовані у базових таборах. – ГШ ЗСУ. – 2014.
- Годзь С.В. (2017) Основи організації і проведення бойової підготовки збройних сил деяких країн світу / С.В. Годзь // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К., 2017. – № 2 (80). – С. 182-198.
- Гаврилюк І.Ю. (2019) Збройні Сили купують автономний польовий табір. Режим доступу: mil.in.ua > zbrojni-syly-kupuuyut-avtonomnyu...
- Тинченко Я.Ю. (2016) Зеленопілля. Тиждень <https://tyzhden.ua> Зеленопілля.
- Röder HTS Höcker (2017) – Википедия.ru. [wikipedia.org > wiki > Röder_HTS_Höcker](http://wikipedia.org/wiki/Röder_HTS_Höcker).

AUTONOMOUS FIELD CAMPS FOR DEPLOYMENT OF TROOPS

Obornev S., Fedorenko V.

The beginning of hostilities in the east of Ukraine revealed many problems before which the state economy proved powerless. The lack of own development, research and logistical support in the Armed Forces of Ukraine has shown weaknesses in the field of deployment of troops. These are typical modular-type outbuildings that are quick-adjusting installed, and moving, most importantly, it can operate offline.

Keywords: field training, deployment, quartering, field conditions, camps, combat training.

УДК 358.231

Мета статті

ФІКСАЦІЯ ТА ОБЛІК ІНЖЕНЕРНИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ ОСНОВА ПРОТИМІННОГО ЗАХИСТУ ВІЙСЬК

Цибуля¹ С., Аборін¹ В., Коцюрба² В.

1. Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
2. Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського

Стаття присвячена аналізу існуючого стану протимінного захисту військ, одним із напрямків покращення рівня якого є підвищення оперативності інформування військ про мінну обстановку. Тому своєчасність проведення заходів фіксації (прив'язки) виявлених вибухонебезпечних предметів (ВНП) та розвіданих мінно-вибухових загороджень (МВЗ) на місцевості та шляхах руху, а також своєчасний збір і доведення до відповідних посадових осіб та підрозділів цієї інформації – одне з головних завдань інженерного забезпечення у районах ведення мінної війни диверсійно-розвідувальними силами противника та незаконними збройними формуваннями.

Ключові слова: мінна війна; мінно-вибухові загородження; протимінний захист військ; фіксація загороджень.

Вступ

Під час проведення операції Об'єднаних сил (Антитерористичної операції) на сході України проявився терористичний характер дій російсько-окупаційних військ, який полягає у широкому веденні мінної війни забороненими ООН засобами, і як наслідок цього у постійній втраті ЗС України особового складу та техніки.

Шляхами вирішення даної проблеми є покращення рівня підготовки особового складу штатних та нештатних груп розмінування, щодо підвищення оперативності та надійності фіксацій (прив'язки) виявлених та розвіданих інженерних загороджень. Що в свою чергу надасть можливість покращити інформування військ щодо мінної безпеки. Даний напрям досліджень є **актуальним**.

Аналіз останніх досліджень

Вирішенню проблемних питань проти-мінного захисту військ присвячена низка наукових праць та публікацій [Ясько В., Осадчий О., Ясько О. (2015)]. У той же час проблемне питання щодо підвищення ефективності інформаційного обміну даними про мінну обстановку вирішене не в повному обсязі.

Проаналізувати алгоритм роботи штабів всіх рівнів щодо збору, обліку і доведення до споживачів інформації про мінну обстановку, запропонувати шляхи покращення цих процесів.

Основний матеріал

Після закінчення воєнних конфліктів міни приносять більше смертей і каліцтв, ніж під час ведення бойових дій. У світі щоденно на мінах підривається 70-80 осіб мирного населення [Guide (2004)]. Тому з прийняттям міжнародних правових актів щодо заборони та обмеженого застосування деяких типів протипіхотних мін значно зросли вимоги до інформації про загородження. Наприклад, кожна країна, яка застосовувала загородження у воєнних конфліктах повинна зберігати інформацію про загородження та представляти протидію стороні після закінчення бойових дій всі відомості про ті загородження, що улаштовувалися на її території. Крім того, інформація про загородження повинна направлятися в ООН, а також представлятися воєнним і гуманітарним місіям [IMAS (2003)].

Під час ведення бойових дій у воєнних конфліктах особливо важливо, щоб інформаційний обмін про встановлені, розвідані (виявлені) МВЗ здійснювався безупинно, що дозволить знизити втрати військ на загородженнях противника й уникнути можливого ураження особового складу і техніки на своїх мінних полях. Про те, що інформація про мінну обстановку важлива та необхідна складова інформації для командира (начальника) під час прийняття рішення, переконливо говорять масштаби застосування МВЗ у воєнних конфліктах і ті втрати, що вони наносять військам. Всі встановлені та розвідані МВЗ і підготовлені руйнування не зважаючи на їх належність та умови обстановки підлягають фіксації і обліку, а невибухові загородження – обліку. Встановлення загороджень без їхньої фіксації та обліку є злочином, веде до загибелі свого особового складу, утруднює їх маневр і ведення бойових дій.

Враховуючи ступінь мінної загрози, протимінний захист (ПМЗ) військ доцільно розглядати як підсистему загальної системи захисту військ з усіма притаманними їй інформаційними та матеріально-технічними зв'язками. Більше того, функціонування системи ПМЗ не повинно обмежуватися вузько-відомчими рамками (тільки інженерних військ), а повинне здійснюватися на загальновійськовому рівні – адже за визначених умов

рішення на застосування різноманітних сил і засобів у значній мірі буде визначатись мінною обстановкою у районі бойових дій.

Інформація військ про мінну обстановку – не відособлений вид діяльності командирів і штабів, а складова частина їх роботи з організації та забезпечення бойових дій військ (сил). У зв'язку з цим під організацією інформаційного забезпечення військ (сил) про мінну обстановку необхідно розуміти діяльність командирів і штабів по забезпеченню безупинного збору інформації про загородження від першоджерел і своєчасного забезпечення нею споживачів. Вона може входити в будь-яке донесення чи бойовий документ (розпорядження, наказ, донесення тощо) і, відповідно, передаватися по існуючих каналах зв'язку (управління). Може також передаватися відособлена інформація про загородження (донесення про раптово виявлене (улаштоване) мінне поле й інші випадки).

Аналіз існуючих теоретичних положень [Рябинов (2006)], які визначають організацію інформаційного забезпечення військ про мінну обстановку в ході ведення бойових дій свідчить про те, що вони не в повній мірі відповідають сучасним вимогам щодо складу інформації про мінну обстановку, якості і кількості інформаційно-звітних документів про загородження. У зв'язку з цим існує необхідність дослідження процесу проходження потоків інформації про загородження від першоджерел до споживачів для визначення необхідного складу інформації, кількості інформаційно-звітних документів про загородження [Фаткуллін (2005)]. Виходячи з цього, виникає нагальна потреба приведення у відповідність діяльність інженерних служб до сучасних вимог щодо інформаційного забезпечення військ про мінну обстановку з метою зниження втрат особового складу і техніки на інженерних боєприпасах під час ведення бойових дій, зменшення втрат серед мирного населення під час і після воєнних конфліктів.

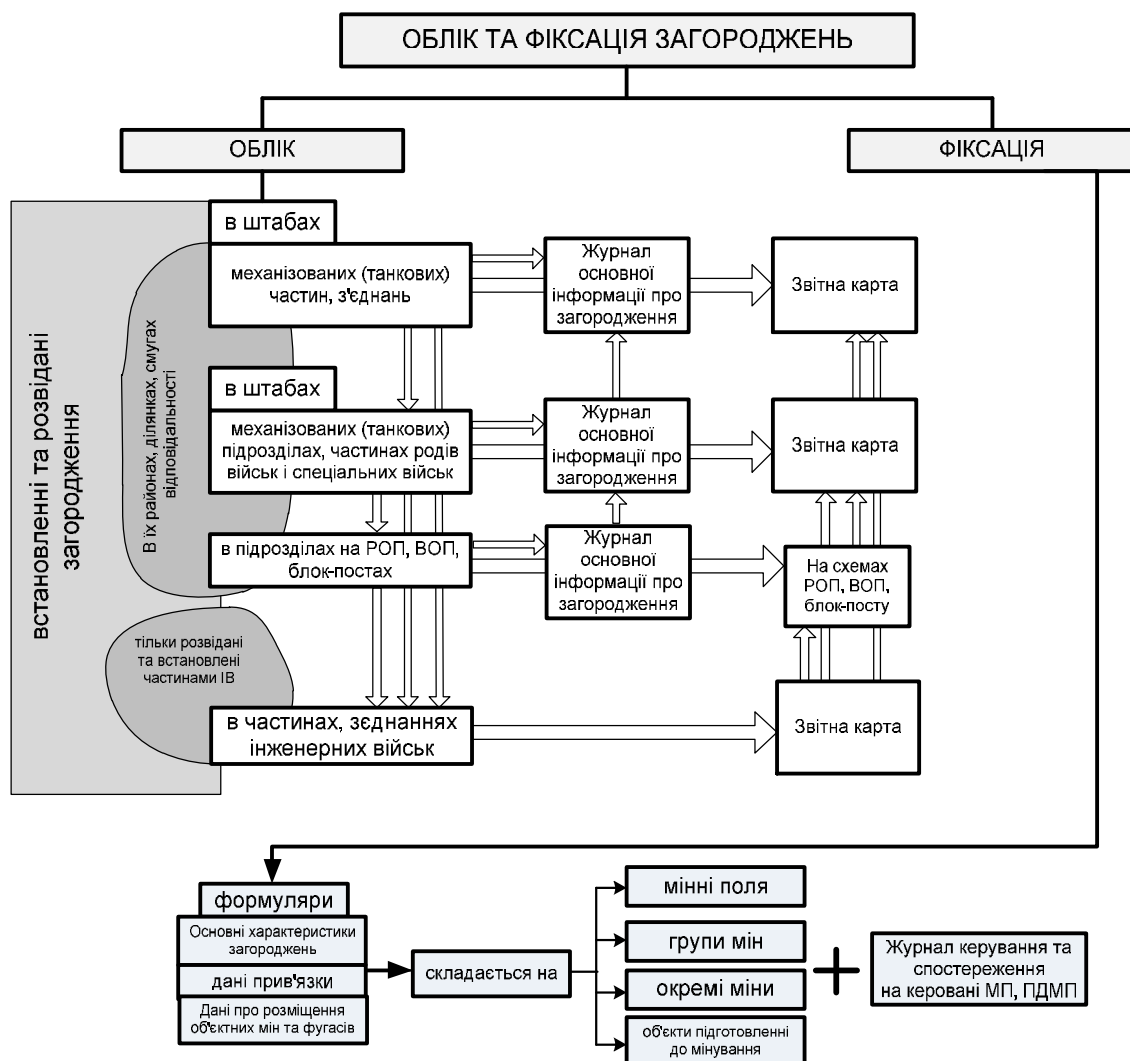


Рис. 1. Принципова схема організації обліку та звітності встановлених МВЗ, розвіданих та перевірених на ВВП ділянок місцевості

Потік інформації про загородження виникає у момент оформлення командиром взводу первинного інформаційно-звітного документа – формуляра загороджень, у якому фіксуються всі основні характеристики загородження (рис. 1).

Фіксація МВЗ – це прив'язка їх до орієнтирів, які є на місцевості та топографічних картах для точного визначення місцезнаходження загороджень на карті і на місцевості, яка дозволяє здійснювати безпечні дії своїх військ, швидкий пошук встановлених (розвіданих) загороджень при їх розмінуванні.

Фіксацію встановлених МВЗ проводять командири підрозділів, груп загородження, рухомих загонів загородження.

При фіксації складається формуляр. У формулярі загороджень вказуються основні характеристики загороджень, дані їх прив'язки до орієнтирів, на основі яких його можна віднайти на місцевості для знешкодження або знищення, та є основним обліковим документом – джерелом інформації для військ та штабів. Він є документом, який визначає персональну відповідальність осіб, що виконували завдання зі встановлення та фіксації мінного поля (МП).

Із завершенням встановлення (розвідки) загороджень командири підрозділів, груп загородження, рухомих загонів загородження доповідають безпосередньому начальнику (командиру), по закритих технічних засобах зв'язку, або з застосуванням АСУВ про виконане завдання, основну інформацію про загородження та надають формуляри.

Формуляр загороджень складається зі схеми загороджень, схеми прив'язки, текстової частини (легенди). За досвідом ведення бойових дій в зоні ООС (АТО), формуляри загороджень надаються:

у день виконання завдання – командир підрозділу;

у триденний термін – до штабу бригади;

у п'ятиденний термін до штабу ОТУ;

у десятиденний термін – до штабу ООС та КСП ЗСУ (рис. 2).

Для ведення обліку встановлених інженерних загороджень основними документами є: у штабі частини (з'єднання) – формуляр загороджень, карта МВЗ на ділянці (у смугі) відповідальності М 1:50 000, М 1:100 000 журнал основної інформації про загородження, акти знищення МП; у штабі підрозділу – карта інженерних загороджень, журнал основної

інформації про загородження М 1:50 000; у підрозділі, ВОП (блокпосту) – схема МВЗ, журнал спостереження, журнал ознайомлення особового складу з межами МВЗ, журнал керування МП.

№ Прим.	Термін (доба)										Кому надається
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
№ 1	■										Командиру підрозділу
№ 2	■	■	■								До штабу бригади
№ 3	■	■	■	■	■						До штабу ОТУ
№ 4,5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	До штабу ООС та КСП ЗСУ

Рис. 2. Терміни надання формулярів за досвідом ведення бойових дій в зоні ООС

Таким чином організація інформаційного забезпечення військ (сил) про мінну обстановку включає:

визначення характеру, обсягу завдань і способів отримання інформації;

формування інженерних розвідувальних органів і визначення їх завдань щодо отримання інформації про мінну обстановку;

встановлення способів і термінів передачі інформації від першоджерел;

визначення характеру, обсягу, способів і термінів надання інформації споживачам для прийняття ними рішення й оповіщення підлеглих;

визначення способів зберігання інформації й організація її обліку;

безупинний контроль за виконанням підлеглими функціональних обов'язків та поставлених їм завдань щодо інформування про загородження.

Інформування військ про мінну обстановку здійснюється за допомогою документів, що підготовлені відділом (службою) інженерного забезпечення. До них варто віднести електронні та друковані карти мінної обстановки (оцінки мінної обстановки), плани загороджень тощо. Інформація, що надається військам повинна відповідати певним вимогам: наприклад, командир механізованої бригади (батальйону) достатньо загальних відомостей про характер і місце розташування загороджень, а командир частини інженерних військ, що проробляє проходи в загородженнях, потрібно подавати повні відомості

мості про загородження – вид загородження, тип боеприпасів, що встановлені на ньому, спосіб влаштування, координати меж тощо.

Висновки

Для зниження негативного впливу МВЗ на діяльність військ і мирне населення важливо постійно відстежувати мінну обстановку у всьому районі бойових дій, вчасно і повно враховувати її під час прийняття рішень командирами всіх ступенів. Відділ інженерного забезпечення частини, з'єднання (об'єднання), куди стікаються всі донесення про свої загородження і загородження противника є безпосереднім та основним організатором інформації військ про мінну обстановку на своєму рівні. Ефективність їх роботи визначається рівнем організації збору (отримання) і обробки даних про загородження, забезпеченням військ (сил) своєчасною і повною інформацією про загородження. Тому будь-які засновані на практиці пропозиції щодо покращення інформаційного забезпечення військ (сил) про мінну обстановку вимагають вивчення, узагальнення та використання у військах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Ясько В.А., Осадчий О.М., Ясько О.В. Комплекс заходів з аналізу мінної безпеки та протидії мінній війні. Збірник наукових праць. Національна академія Державної прикордонної служби України. Хмельницький, 2015. № 3(65). С. 185-198.
- Особенности выполнения задач разведки и разминирования путей движения, противодействия «минной войне» по опыту ведения боевых действий в условиях вооруженных конфликтов. Москва: ВИА. – 2004. – 61 с.

A Guide to Mine Action, 2nd edition, GICHD, Geneva, January 2004.

МСПМД (IMAS) 07.11. Руководство по управлению деятельностью в области информирования о минной опасности. – 2003. – 25 с.

Рябинов В.Л. О разработке комплекса мероприятий по противодействию минной войне//Военная мысль. – 2006. – № 12. – С. 32-39.

Фаткуллин Р. Наш ответ минной угрозе// Армейский сборник. – 2005. – № 6. – С.36-38.

Положение о единой системе информации войск о минной обстановке. – М.: МО, 1989 – 30 с.

ENFORCEMENT AND ACCOUNTING OF ENGINEERING PROTECTION FUNDAMENTALS OF ANTI-MINE PROTECTION

Tsybulia S., Aborin V., Kotsyuruba V.

The article is devoted to the analysis of the current state of mine protection of troops, one of the ways of improving the level of which is to increase the efficiency of informing the troops about the mine situation. Therefore, the timeliness of fixing measures of identified explosive objects and explored minefields on the terrain and traffic routes, as well as the timely collection and communication to the relevant officials and units of this information is one of the main tasks engineering support in the areas of mine warfare by the enemy's special forces and illegal armed forces.

Key words: mine war; mine and explosion barriers; mine protection of troops; fixing of barriers.

УДК 621.391

Аналіз останніх досліджень

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ «СЛАВУТИЧ» ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ)

**Климович О., Лаврут О.,
Лаврут Т., Грабчак З.**

Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

У доповіді розглядаються деякі можливості та особливості використання автоматизованої системи управління військами «Славутич» під час навчального процесу в Національній академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. Доведено необхідність впровадження в навчальний процес вищих військових навчальних закладів питань, пов'язаних з вивченням сучасних автоматизованих систем управління військами та геоінформаційних систем.

Ключові слова: автоматизована система управління військами; геоінформаційна система; орган військового управління.

Вступ

У «Візії Генерального штабу ЗС України щодо розвитку Збройних Сил України на найближчі 10 років», яка з'явилася на сайті Міністерства оборони України 11.01.2020 року, зазначено, що місія Збройних Сил України – оборона України, захист її суверенітету, територіальної цілісності та недоторканості. Основою цього може стати лише професійна, висококваліфікована армія [Візія (2020)]. Одним з основних пріоритетів розвитку Збройних Сил України є високий рівень професійної підготовки командирів підрозділів, їх здатності до ефективного управління військами.

В сучасних бойових діях із застосуванням принципів «мережецентричної війни» ефективність управління підпорядкованими підрозділами можливо підвищити за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій, автоматизованих системи управління військами та геоінформаційних систем військового призначення. Тому питання підвищення рівня обізнаності майбутніх офіцерів у цій галузі є **актуальним**.

Останні десятиріччя характеризуються застосуванням у збройних силах провідних країн світу систем автоматизованого управління військами (силами), що у часі, близькому до реального, та єдиному інформаційному середовищі прийняття управлінських рішень на застосування військ (сил) і зброї стало вирішальним чинником досягнення успіху в бою (операції).

В рамках реалізації положень Указу Президента України №240/2016 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року «Про Стратегічний оборонний бюлетень України», Указу Президента України від 2 серпня 2016 року № 323/2016 «Про введення в дію Рішення Ради національної безпеки і оборони України» від 20 травня 2016 року «Про заходи з розвитку оборонно-промислового комплексу України» [Стратегічний оборонний бюлетень України, Указ Президента України №323/2016 (2016)] ведеться робота щодо створення ефективної системи оперативного управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR), яка б відповідала стандартам НАТО із забезпеченням її інтеграції з Єдиною системою управління оборонними ресурсами.

Військовослужбовці Збройних Сил України повинні набути певні знання та навички щодо застосування на практиці автоматизованих систем управління військами (АСУВ) та геоінформаційних систем (ГІС). Все це вимагає подальшої модернізації вищої військової школи, пошуку нових підходів до створення умов щодо використання сучасних АСУВ та інформаційних технологій. Прикладом застосування сучасних АСУВ та ГІС під час навчального процесу в Національній академії сухопутних військ імені гетьман Петра Сагайдачного в межах дисципліни «Організація військового зв'язку» є використання сучасних інформаційних технологій на прикладі використання АСУВ «Славутич» [Салкуцан (2017), Лаврут, Климович, Т. Лаврут, Івко (2016), Лаврут, Климович, Тарасюк, Антонюк (2017), Литвиненко (2015), Давіденко, Лаврут (2018)].

Мета статті

Підвищення ефективності управління військами (силами) під час використання автоматизованої системи управління військами «Славутич».

Основний матеріал

В АСУВ «Славутич» комплекс засобів автоматизації (КЗА) органу управління побудований як сукупність сумісних та інтероперабельних підсистем, що функціонують як автономно, так і в інтересах всієї системи щодо виконання завдань управління військами (силами). Склад КЗА ОВУ (органів військового управління) включає наступні підсистеми (рис. 1.) [Салкуцан (2017)]: інформаційного обміну (ІО), відеоконференцзв'язку (ВКЗ), електронного документообігу (ЕДО), організації роботи штабу (ОРШ), інформаційно-довідкову (ІД), геоінформаційну (ГІ), ведення і відображення положення, стану та дій військ (ПСД), інформаційно-розрахункову (ІР), управління функціонуванням (УФ), комплексу засобів захисту інформації від несанкціонованого доступу (КЗЗ), переносні термінали командирів підрозділів (ПТКП). Локальні обчислювальні мережі (ЛОМ) АСУВ «Славутич» мають доступ до загальної інформаційно-телекомунікаційної мережі Збройних Сил України.

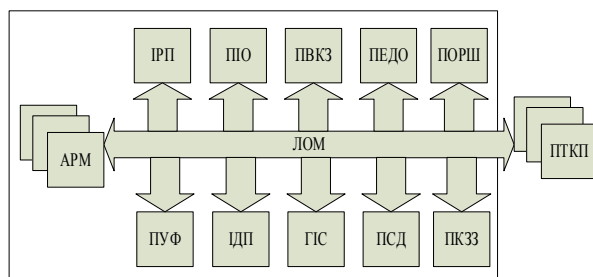


Рис. 1. Типовий КЗА органу військового управління АСУВ «Славутич»

Геоінформаційна підсистема АСУВ «Славутич» вирішує завдання управління військами з використанням формалізованої географічної інформації з різних сфер підготовки і застосування військ (сил) для топогеодезичного і навігаційного забезпечення ОВУ. Геоінформаційна підсистема АСУВ «Славутич» містить такі складові: програмне забезпечення (сервер) ArcGis компанії Esri (США); спеціальне прикладне програмне забезпечення, що ураховує специфічні потреби ОВУ; базу цифрових геодезичних даних (електронні карти, цифрові фотоплани, цифрові просторові моделі місцевості тощо); технічну основу – обчислювальну техніку з достатніми можливостями стосовно обробки і зберігання геодезичної інформації, пристрої оперативного друку і тиражування невеликих за обсягами тиражів документів з інформацією про місцевість. Структура ГІС АСУВ «Славутич» наведена на рис. 2 [Салкуцан (2017)].

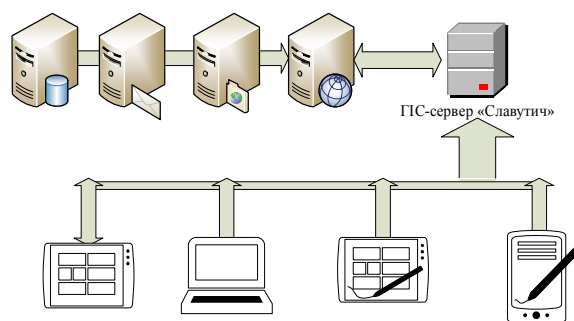


Рис. 2. Структура геоінформаційної підсистеми АСУВ «Славутич»

Набуття майбутніми офіцерами знань та навичок з питань збору, аналізу та вироблення стратегії прийняття рішення, організації управління військовими підрозділами відбувається на кафедрі тактики факультету бойового застосування військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного під час вивчення різних дисциплін, серед яких є і дисципліна «Організація військового зв'язку». Однією з основних компетентностей майбутніх військових фахівців, яка формується під час вивчення дисципліни, є здатність управляти підпорядкованими і приданими підрозділами (вогневими засобами) та вогнем під час виконання покладених завдань у різних видах бою (бойових дій). Виникає гостра необхідність застосування АСУВ «Славутич» під час наступу, оборони, розвідки, дій штурмової групи, засідки, бойової охорони, розташування на місці та сторожової охорони, в оточенні, під час ліквідації незаконних збройних формувань, несення служби на блокпостах, виконання завдань з охорони та оборони важливих об'єктів, патрулювання та в ході супроводження колон і охорони маршрутів руху, виходу з бою (відходу), дій тактичного десанту, здійснення маршу (переміщення). Формування саме цих навичок відбувається за рахунок моделювання процесів управління військами та організації зв'язку на основі найновітніших розробок вітчизняного та іноземного виробництва: АСУВ «Славутич» та ArcGis, які функціонують в єдиному інформаційно-комунікаційному середовищі.

Вивчаючи питання автоматизованого управління військами, її геоінформаційну складову, курсанти працюють на АРМ посадових осіб, виконують груповим методом під керівництвом викладача декілька простих розрахунків з використанням програмного забезпечення АСУВ «Славутич» (рис. 3–6), а саме: нанесення та редагування оперативної обстановки; розрахунок зони видимості для умовного розміщення снайперів та своїх підрозділів; побудова профілю рельєфу для подальшого

прогнозування можливості встановлення радіозв'язку; побудова 3D-моделі місцевості для більш оптимального розташування підрозділів на місцевості, ґрунтового прогнозування можливих варіантів розвитку подій та більш якісного прийняття рішення командиром.

Такий підхід до навчання сприяє якісній підготовці майбутніх офіцерів Збройних Сил України, повноті набуття ними професійних компетентностей та достатніх теоретичних знань, навичок та вмінь, необхідних під час виконання функціональних обов'язків і завдань за призначенням.

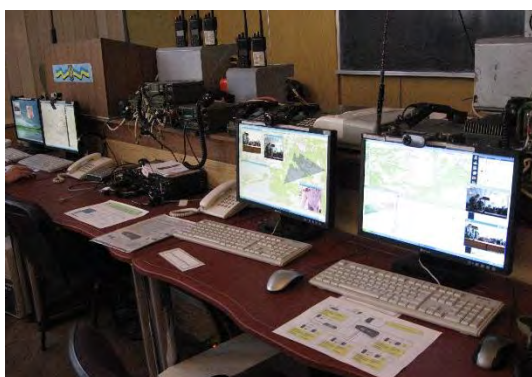


Рис. 3. Навчальні АРМ АСУВ «Славутич»

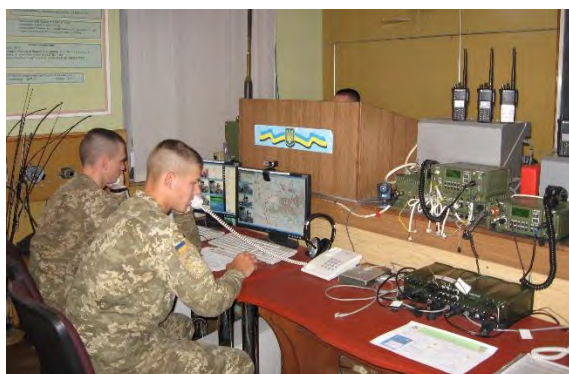


Рис. 4. Практична робота курсантів на АРМ командирів підрозділів



Рис. 5. Створення електронної карти оперативної (бойової) обстановки на місцевості ведення бойових дій

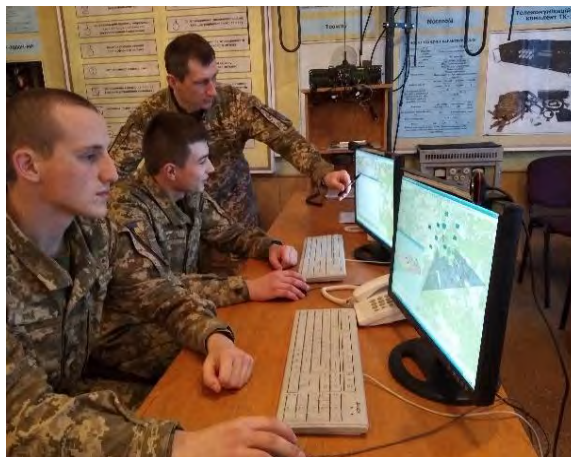


Рис. 6. Розрахунок зон видимості під час вибору місця розташування снайпера та профілю рельєфу місцевості для побудови радіолінії між пунктами управління

Висновки

Будь-яка АСУВ працює в комплексі з відповідними ГІС військового призначення. Для прийняття рішення командир підрозділу будь-якого рівня так чи інакше використовує дані про просторове розташування об'єктів. У ГІС інформація миттєво оновлюється шляхом передавання по каналах зв'язку змін в оперативній (бойовій) обстановці. Причому це може бути як список координат, що описують місце знаходження об'єктів, так і кордони з топологією, маршрути, мінімі поля та ін. Крім цього, існує можливість побудови більш наочної тривимірної моделі місцевості, за допомогою якої оцінюється видимість з різних точок, імітуються польоти над територією, щоб виявляти, наприклад, найбільш імовірні місця засідок противника.

Використання АСУВ та ГІС дозволяють забезпечити доступ командир підрозділу (військовослужбовцю) різних ланок управління до необхідних (дозволених) інформаційних ресурсів для проведення детального аналізу та розрахунків і, відповідно, оперативного, ефективного та оптимального прийняття рішення в умовах оперативної (бойової) обстановки.

За результатами застосування АСУВ «Славутич» курсанти набувають сукупність знань, умінь, навичок, за допомогою яких вони будуть спроможні виконувати функціональні обов'язки і завдання щодо управління підпорядкованими і приданими підрозділами (вогневими засобами) під час виконання покладених завдань у різних видах бою, використовувати основні штатні засоби автоматизації та зв'язку, що перебувають на

озброєнні в підрозділах Сухопутних військ Збройних Сил України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

«Візія Генерального штабу ЗС України щодо розвитку Збройних Сил України на найближчі 10 років» [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.mil.gov.ua/news/2020/01/11/viziya-generalnogo-shtabu>

Указ Президента України №240/2016 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року «Про Стратегічний оборонний бюлетень України» [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137>.

Указ Президента України №323/2016 Про введення в дію Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року «Про заходи з розвитку оборонно-промислового комплексу України».

Автоматизована система управління військами «Славутич»: у 2 ч. ч. 1: Призначення, можливості, основи побудови і застосування основних функціональних підсистем: навч. посіб. – К.: НУОУ ім. І. Черняхівського, 2017. – 208 с.

Лаврут О.О. Визначення перспективних технологій в системах радіозв'язку та транкінгового зв'язку для подальшого використання в Збройних Силах України / О.О. Лаврут, К.О. Климович, Т.В. Лаврут, С.О. Івко // *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. – №2 (6). – Одеса: ВА, 2016. – С. 30-35.

Лаврут О.О. Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних Силах України / О.О. Лаврут, К.О. Климович, М.Л. Тарасюк, О.Л. Антонюк // *Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал*.- Х., 2017.- Вип. 1(49).- С. 42-49.

Литвиненко Н.І. Рекомендації щодо створення та впровадження геоінформаційної системи Сухопутних військ Збройних Сил України/ Н.І. Литвиненко // *Системи обробки інформації*, 2015, випуск 8 (133). – С. 73-76.

Організація військового зв'язку в підрозділах тактичної ланки управління: Навчальний посібник/ С.В. Давіденко, О.О. Лаврут, С.О. Івко «та ін.». – Львів: НАСВ, 2018. – 289 с.

APPLICATION OF AN AUTOMATED ARMS CONTROL SYSTEM «SLAVUTICH» TO INCREASE THE EFFECTIVENESS CONTROL OF THE ARMY (FORCES)

Klimovich O., Lavrut O., Lavrut T., Hrabchak Z.

The report examines some of the features and uses automated arms control system «Slavutich» during the educational process at the Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy. The necessity to introduce into the educational process of higher military educational institutions the issues related to the study of modern automated military control systems and geoinformation systems.

Keywords: automated arms control system; geoinformation system; body of military control.

УДК 623.4.022:358.4

ІДЕНТИФІКАЦІЯ КООРДИНАТ ЦІЛІ ТА КОРЕГУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ З ДОПОМОГОЮ БпАК

**Флис І. , Щавінський Ю. ,
Козловець В. , Руденко О. , Щерба А.**

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного, м. Львів

Запропоновано базову графічну модель ідентифікації координат цілі та управління артилерійським вогнем за допомогою безпілотного авіаційного комплексу з врахуванням досвіду проведення антитерористичної операції на сході України протягом 2015-2017 років. Розроблена модель є підставою для розробки математичної моделі проекту вогневого ураження противника артилерійськими підрозділами з використанням безпілотного авіаційного комплексу.

Ключові слова: модель, безпілотний авіаційний комплекс, підрозділ наземної артилерії, вогневе ураження противника.

Вступ

Воєнні конфлікти останніх років у світі характерні застосуванням великої кількості нового озброєння, що дозволяє ворогуючим сторонам максимально дистанціюватися від безпосереднього зіткнення один з одним. Одним з новітніх зразків озброєння на полі бою стали безпілотні авіаційні комплекси (БпАК), що під час воєнних конфліктів довели свою здатність значно ефективніше вести повітряну розвідку, в тому числі й артилерійську, та виконувати інші завдання з бойового забезпечення, а також завдавати удари по противнику засобами вогневого впливу.

Аналіз останніх досліджень

У вогневому ураженні противника (ВУП) в загальновійськовому бою значна доля припадає на артилерійські підрозділи. Ефективність їх застосування залежить від своєчасності визначення координат цілей, передачі їх на центри (пункти) управління вогнем, визначення необхідних даних для стрільби, відкриття вогню та його корегування під час стрільби. Зазначений порядок складає процес управління вогнем артилерійськими підрозділами. З використанням БпАК ефективність цього процесу

значно підвищується за рахунок скорочення часу на ідентифікацію координат цілі, визначення установок для стрільби, бойову роботу, корегування вогню (відхилень розривів) під час виконання бойового завдання артилерійських підрозділів.

Проте, використання БпАК потребує відпрацювання досконалої методики їх застосування та управління ВУП. На сьогодні існує велика кількість наукових досліджень про способи застосування БпАК як для навчання курсантів, майбутніх артилеристів, так і під час бойових дій у збройних конфліктах останніх десятиліть [Свідерок, Флис (2018), Недопьокін, Биков (2018), Давиденко (2018), Флис, Свідерок, Руденко, Зеленський (2019), Флис, Свідерок, Руденко (2019)] Однак бойовий досвід застосування БпАК для ідентифікації координат цілей та корегування артилерійського вогню за досвідом проведення антитерористичної операції на сході України недостатньо описаний у сучасній науковій літературі.

Мета статті

Розробити базову модель управління артилерійським вогнем з використанням безпілотного авіаційного комплексу (БпАК) шляхом оперативної ідентифікації координат цілі та коректування артилерійського вогню в процесі вогневого ураження противника підрозділами наземної артилерії у сучасному загально-військовому бою на основі досвіду проведення АТО на сході України в 2015-2017 роках.

Виклад основного матеріалу

Для вогневого ураження противника – позицій і підрозділів незаконних збройних формувань (НЗФ), у штаті кожної військової частини (механізованої бригади) Збройних Сил України (ЗСУ), що здійснює стримуючі і стабілізаційні дії на лінії зіткнення, є підрозділи наземної артилерії (ПНА), які входять до організаційно-штатної структури бригадної артилерійської групи (АГ) цієї частини, а також її загальновійськових підрозділів (батальйонів). Склад підрозділів АГ:

- гаубичний самохідно-артилерійський дивізіон 2С1 «Гвоздика» – 18 гаубиць калібру 122 мм;
- гаубичний самохідно-артилерійський дивізіон 2С3 «Акація» – 18 (або 12) гаубиць калібру 152 мм;

- реактивний артилерійський дивізіон БМ-21 «Град» – 12 (або 18) установок РСЗВ;
- протитанковий артилерійський дивізіон – 12 протитанкових гармат МТ-12 «Рапіра» та 6 (або 9) установок ПТКР 9П149 «Штурм-С» (9П148 «Конкурс»);

- батарея управління та артилерійської розвідки із технічними засобами для ведення артилерійської розвідки та корегування вогню;
- три мінометні батареї комплексу 2С12 «Сани» – 18 мінометів 2Б11 калібру 120мм, що входять до організаційно-штатної структури механізованих батальйонів.

Враховуючи досвід та особливості застосування ПНА у стримуючих і стабілізаційних діях на лінії зіткнення із НЗФ під час проведення АТО у 2015-2017 роках, до структури базової моделі управління артилерійським вогнем за допомогою БпАК нами включено наступні організаційно-штатні бойові, розвідувальні та управлінські підрозділи АГ:

- безпілотний авіаційний комплекс (БпАК) «Фурія-1М»;

- радіолокаційний комплекс (комплекси) артилерійської розвідки СНАР-10 і АРК-1М;

- звукометричний комплекс артилерійської розвідки АЗК-7;

- командно-штабні машини (пункти управління);

- управління штабу АГ (командир $K_{аг}$, начальник штабу $НШ_{аг}$, старший оперативний черговий артилерійської групи бригади $СОЧ_{аг}$);

- артилерійські батареї (командири $K_{батр}$);

- батарея управління і артилерійської розвідки АГ (командир $K_{буіар}$);

- підрозділ БпАК (командир $K_{бпак}$);

- підрозділ радіолокаційної артилерійської розвідки (командир $K_{рлар}$);

- підрозділ звукометричної артилерійської розвідки (командир $K_{змар}$).

Ефективність ВУП підрозділами наземної артилерії по ідентифікованій цілі (одиначний чи груповий) оцінюється наступними показниками:

- точністю (ймовірність ураження не нижче 0,9) влучення у ціль, залежно від поставленого завдання: знищення (руйнування), подавлення, виснаження, заборона дії для цілі та інше;

- тривалість (час) виконання вогневого завдання.

Точність влучення цілі залежить від декількох чинників, а саме:

- точність ідентифікації координат цілі;

- достовірність вибору установок для стрільби (приціл, рівень, доворот), що залежить від якості топогеодезичної, балістичної, метеорологічної, технічної та інших видів підготовки до стрільби;

- технічний стан гармат і прицільних пристроїв;

- характеристика боєприпасів (снаряду і заряду), тобто: тип, дата виготовлення, відхилення за масою і т.п.;

- підготовленість і показники навідників гармат (їх бойовий досвід, фізичний і морально-психологічний стан і т. ін.);

- злагоженість дій обслуги кожної гармати (гаубиці, міномету, реактивної установки);

- злагоженість дій артилерійських підрозділів (артилерійських вогневих взводів, батарей, дивізіонів).

Проаналізуємо структуру тривалості ВУП з використанням БпАК для ідентифікації цілей та корегування артилерійського вогню.

Тривалість виконання вогневого ураження противника після ідентифікації координат цілі характеризується величиною $T_{ВУП}$, що є сумою з декількох складових по часу виконання завдання:

$$T_{ВУП} = \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

де T_i – i -та складова частина загальної тривалості (часу) на виконання поставленого бойового завдання, с.

Загальна тривалість виконання поставленого бойового завдання $T_{ВУП}$ складається з наступних складових:

T_1 – тривалість (час) з моменту ідентифікації координат цілі цілі з допомогою БпАК, їх уточнення – до моменту передачі ідентифікованих координат старшому оперативному черговому АГ $СОЧ_{аг}$, с;

T_2 – тривалість з моменту прийняття інформації $СОЧ_{аг}$, її аналізу та прийняття рішення по вибору батареї (батарей), що здатні виконати ВУП по виявленій цілі – до її передачі $НШ_{аг}$ включно, с;

T_3 – тривалість з моменту прийняття інформації $НШ_{аг}$, її аналізу, погодження на відкриття вогню з $K_{аг}$ (або командиром військової частини) – до віддачі наказу $СОЧ_{аг}$ включно, с;

T_4 – тривалість з моменту прийняття $СОЧ$ наказу від $НШ_{аг}$, – до моменту віддачі наказу зазначеним командирам (командиру) обраних артилерійських батарей включно, с;

T_5 – тривалість з моменту прийняття інформації командиром батареї (командирами батареї), підготовки установок для стрільби, наведення і заряджання основної гармати (основних гармат), її пристрілювання – до моменту закінчення вогневого нальоту артилерійської батареї (батареї), з використанням заданої кількості снарядів, згідно з наказом $СОЧ_{аз}$, та передачі повідомлення про закінчення бойової роботи, с;

T_6 – тривалість з моменту оцінки ефективності ВУП – до моменту повторного (можливого) вогневого нальоту після корегування вогню з участю $K_{батр}$, $K_{буіар}$ та $СОЧ_{аз}$, який передає коректуру стрільби командирам задіяних батареї (батареї);

T_7 – тривалість доповідей про виконання бойового завдання: $СОЧ_{аз} - НШ_{аз} - K_{аз}$, с.

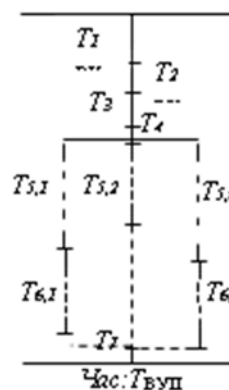
Бойова робота ПНА з ВУП здійснюється за наступними алгоритмом:

1. Старт – ідентифікація координат цілі за допомогою БпАК.
2. Уточнення і опрацювання даних $K_{бпак}$, передача інформації $K_{буіар}$.
3. Перевірка і уточнення даних $K_{буіар}$ через $K_{рлар}$ і (або) $K_{змар}$.
4. Передача ідентифікованих даних про координати виявленої цілі $K_{буіар}$ до $СОЧ_{аз}$.
5. Аналіз даних $СОЧ_{аз}$, отримання дозволу на відкриття вогню від командування АГ (командира військової частини), вибір артилерійської батареї (батареї) для ВУП.
6. Віддача наказу $СОЧ_{аз}$, командирів артилерійської батареї (командирам батареї) на здійснення ВУП.
7. Бойова робота артилерійської батареї (батареї), доповідь до $СОЧ_{аз}$ про закінчення вогневого Налёту (виконання ВУП).
8. Оцінка результативності стрільби $K_{буіар}$, його доповідь $СОЧ_{аз}$ та командуванню АГ про ефективність ВУП.
9. За низької (недостатньої) ефективності ВУП – повторення вогневого нальоту за наказом $СОЧ_{аз}$.
10. Припинення вогневого нальоту, за умови задовільної ефективності ВУП.
11. Фініш – доповідь про результати ВУП по ланцюгу: $K_{буіар} - СОЧ_{аз} - НШ_{аз} - K_{аз}$.

Нами протягом 2015-2017 років проводилось дослідження тривалості окремих структурних складових загального часу вогневого ураження НЗФ із використанням БпАК під час проведення АТО в Донецькій і Луганській областях. Час визначали хронометруванням та на підставі записів у журналах бойових дій

підрозділів артилерійської групи N -ської військової частини. ТВУП. На цій моделі за допомогою відрізків у довільному масштабі часу зображено структурні складові загальної тривалості вогневого ураження противника за допомогою безпілотного авіаційного комплексу та взаємозв'язки між ними. Лівову частку у структурі тривалості вогневого ураження противника займають вогневі нальоти:

перший (40%) і коректуючий (39%). Тому резервом зменшення значення тривалості ВУП вбачаємо вдосконалення практичних навичок навідників та інших номерів розрахунків гармат, а також підвищенні злагодженості дій вогневих взводів та батареї. Графічна інтерпретація проце-су управління артилерійським вогнем за допомогою БпАК у часовому вимірі показана на рис. 1.



Момент закінчення ВУП із використанням БпАК

Рис. 1. Графічна модель управління артилерійським вогнем у часовому вимірі за допомогою БпАК: $T_1, T_2, T_3, \dots, T_{6,i}, T_7$ – структурні складові загальної тривалості ВУП

З представленої моделі реальної бойової ситуації, старшим оперативним черговим артилерії бригади після отримання за допомогою БпАК інформації про ідентифікацію координат цілі: реабатр БМ-21 «Град» противника та уточнення інформації, $СОЧ_{аз}$, прийняв рішення застосувати для знищення виявленої цілі дві гаубичної самохідні батареї 2С1 «Гвоздика» (11) та 2С3 «Акація» (12), хоча на бойовому чергуванні перебували також батарея БМ-21 «Град» (14) та три мінометні батареї комплексу 2С12 «Сани» (5).

Цілком очевидно, що за потреби підсилення вогневого ураження противника $СОЧ_{аз}$ мав змогу застосувати реактивну і мінометні артилерійські батареї. Проте завдання з ВУП було вирішене задіяними артилерійськими підрозділами.

Отримані базова модель є підставою для розробки математичної моделі проекту ВУП з використанням БпАК для ідентифікації координат цілей та корегування артилерійського вогню. На основі проведених досліджень запропоновано базову графічну модель управління артилерійським вогнем за допомогою безпілотного авіаційного комплексу, яка є підставою для розробки математичної моделі проекту ВУП з використанням БпАК. Подальше математичне моделювання процесу ВУП за допомогою такої моделі дозволить підвищити ефективність бойового застосування артилерійських підрозділів у сучасному загальновійськовому бою. Враховуючи наведене вище, рецензована стаття має наукове значення та відображає практичний інтерес для широкого кола фахівців.

Висновки

Запропоновано модель управління артилерійським вогнем з використанням БпАК для ідентифікації координат цілей та коректування артилерійського вогню для вогневого ураження противника підрозділами наземної артилерії в сучасному загальновійськовому бою. Застосування такої моделі дозволяє підвищити ефективність бойової роботи артилерійських підрозділів.

Проведений у статті аналіз складових, що впливають на оперативність вогневого ураження, дає змогу вдосконалити процес управління вогнем артилерійських підрозділів (батареї) під час ураження цілей противника в масштабі реальному часу.

Перспективу подальших досліджень бачимо у розробці математичної моделі проекту ВУП з використанням БпАК для ідентифікації цілей та корегування вогню підрозділами наземної артилерії та проведення експериментів із цією моделлю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Свідерок С. М. Використання безпілотних авіаційних комплексів у процесах навчання майбутніх офіцерів-артилеристів / С. М. Свідерок, І. М. Флис // *International Academy Journal WEB of Scholar*. – 6(24), Vol.2, June 2018. – Р. 48-51.

Биков В. М. Застосування безпілотних авіаційних комплексів для обслуговування стрільби артилерії / В. М. Биков, В. Ю. Недопокін // *Матеріали міжнародного науково-практичного семінару кафедри наземної артилерії Національної академії сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного* 20.12.2018 р. – Львів : НАСВ, 2018. – С. 54-55.

Давиденко Д. В. Про способи визначення координат цілі за допомогою БпАК з метою визначення установок для стрільби артилерії / Д. В. Давиденко // *Матеріали міжнародного науково-практичного семінару кафедри наземної артилерії Національної академії сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного* 20.12.2018 р. – Львів : НАСВ, 2018. – С. 12-13.

Флис І. М. Модель управління артилерійським вогнем за допомогою безпілотного авіаційного комплексу / І. М. Флис, С.М. Свідерок, О.В. Руденко, В.О. Зеленський // *Управління проектами у розвитку суспільства. Тема: «Управління проектами в очікуванні глобальних змін» / Тези доповідей XVI міжнародної конференції*. – Київ : КНУБА, 2019. – С. 232-233.

Флис І. М. Модель управління проектами вогневого ураження противника в режимі реального часу / І. М. Флис, С.М. Свідерок, О.В. Руденко, // *Управління проектами: стан та перспективи : Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції*. – Миколаїв : видавець Торубара В.В., 2019. – С. 81-82.

OBJECTIVE IDENTIFICATION AND CORRECTION OF ARTILLERY FIRE WITH AID BACK

**Fleis I., Schavinsky Y., Kozlovets V.,
Rudenko O., Shcherba A.**

A basic graphical model of target coordinate identification and artillery fire control using an unmanned aircraft complex is proposed, taking into account the experience of conducting anti-terrorist operation in eastern Ukraine during 2015-2017. The developed model is the basis for the development of a mathematical model of the project of fire damage to the enemy by artillery units using an unmanned aeronautical complex.

Keywords: model, unmanned aerial complex, ground artillery unit, enemy fire.

УДК 621.396

АДАПТИВНА СИСТЕМА МНОГОСПЕКТРАЛЬНОГО ГЕОМОНІТОРИНГУ

Цицик¹ М., Зубков¹ А., Ільницький¹ І.,
Середенко¹ М., Сірий¹ Ю.

1. Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

Розглянуті питання алгоритмічної і технічної реалізації мультиспектральної системи геомоніторингу, призначеної для забезпечення всепогодного і цілодобового застосування надані аналітичні описи мультиспектральних зображень, що формуються і динаміки їх змін в залежності від параметрів парціального каналу спостереження і коефіцієнту прозорості приземного шару атмосфери в цьому каналі. Запропонована структура аналізатора ціле фонової обстановки і алгоритм адаптації системи геомоніторингу для забезпечення максимуму інформативності локаційного спостереження.

Ключові слова: геомоніторинг; багатоспектральні системи; мультиспектральне зображення; парціальний спектральний канал.

Вступ

Геомоніторинг локаційними методами в інтересах вирішення загально-технічних і спеціальних завдань являється одним із актуальних напрямків розвитку інформаційних технологій [Мельник, 1980]. Для отримання локаційної інформації застосовуються активні, пасивні і напівактивні сенсори різних ділянок спектру електромагнітних хвиль (ЕМХ): радіо, інфрачервоного і оптичного діапазонів. Із-за суттєвої різниці вказаних сенсорів по дальності дії, інформативності, завадо захищеності в роботі [Зубков, Прудіус, 2008] запропоновані оптимальні алгоритми комплексування локаційних каналів спостереження з різними фізичними сенсорами в рамках інтегрованої багатоспектральної системи геомоніторингу. При цьому реалізуються переваги парціальних спектральних каналів:

- фотоконтрастного – висока кутова роздільна здатність;
- інфрачервоного (теплого) – висока кутова роздільна здатність, цілодобовість;
- радіо – цілодобовість, всепогодність, висока роздільна здатність по дальності і доплерівській частоті в активному режимі роботи.

Треба відмітити, що в теоретичному аспекті відкритим залишається питання оцінки приросту ефективності багатоспектральної системи геомоніторингу, а в прикладному аспекті – інженерний синтез структури і алгоритмів роботи такої системи в ціле фонової обстановки, що динамічно змінюється.

Мета статті

Розвиток методу апаратно-алгоритмічного комплексування парціальних спектральних каналів геомоніторингу стосовно до ціле фонової обстановки, яка динамічно міняється.

Основний матеріал

Приріст ефективності мультиспектрального моніторингу може бути визначений через інформативність мультиспектрального зображення об'єкту (сцени) спостереження. Але запропонований в роботі [Станкевич (2006)] підхід до оцінки інформативності мультиспектрального відео зображення через дивергенцію Кульбака-Лейблера не може бути використаний стосовно мультиспектральних систем геомоніторингу із значним рознесенням парціальних каналів по частоті, оскільки на практиці застосовуються різні системи координат сформованих зображень (радіолокаційне зображення – в координатах “радіолокаційний контраст” – дальність, або доплерівська частота; оптичне (теплове) зображення – в координатах “оптичний (тепловий) контраст” – азимут, кут місця).

Пропонується для оцінки ефективності багатоспектрального геомоніторингу розвинути методику застосовану в роботі [Абросимов, Черепанов (2007)], через повний об'єм отриманої інформації по Шеннону (гіперспектральний куб інформації) з врахуванням специфіки формування парціальних зображень в фотоконтрастному і тепловому каналах:

- залежність енергетики каналу від стану приземний шару атмосфери (ніч, гідро метери, пилюка, дим);
- втрати лінійної роздільної здатності по кутових координатах із збільшенням дальності до ділянки спостереження земної поверхні;
- неможливості використання в фотоконтрастному каналі на граничних дальностях спостереження кольорового контрасту (ціль спостерігається на “сірому” фоні).

Аналітично повну інформативність багатоспектрального зображення запропоновано оцінювати виразом [Зубков (2005)]:

$$I = \frac{1}{D^2} \frac{\partial}{\partial g_f} \frac{L_a L_e}{\text{tg}^2 Dq_f} + \frac{L_a L_e}{g_T \text{tg}^2 Dq_T} \frac{\partial}{\partial D} + \frac{L_D}{DD} + \frac{DF_{\parallel}}{DF}, \quad (1)$$

де: L_a , L_e , L_D – лінійні розміри спостережуваного об'єкта по азимуту, куту місця і дальності, відповідно; g_f , g_T , Dq_f , Dq_T – коефіцієнти прозорості атмосфери і кутова роздільна здатність фотоконтрастного і теплового каналів, відповідно; DD , DF – роздільна здатність радіолокаційного каналу по дальності і доплерівській частоті; $DF_{\parallel}$ – ефективна ширина доплерівського спектра.

Бачимо, що для об'єктів, що спостерігаються, фіксовані форми (конструкції) компоненти інформативності зв'язані з парціальними спектральними каналами, являються функціями дальності, що монотонно зменшуються. Не складно показати, що швидкість зменшення інформативності для фотоконтрастних і теплових каналів становить:

$$\frac{\partial I_{f,T}}{\partial D} = - \frac{2L_a L_e}{g_{f,T} \text{tg}^2 Dq_{f,T}} D^{-3}, \quad (2)$$

водночас для радіолокаційного каналу;

$$\frac{\partial I_P}{\partial D} = - \frac{2L_D C}{DD \ln 2} D^{-1}. \quad (3)$$

Аналіз виразів (1)–(3) показує, що наявність радіолокаційного каналу, як цілодобового, всепогодного з максимальними дальністю дії і “полем зору” в системі геомоніторингу являється обов'язковим для:

- компенсації зменшення інформативності фотоконтрастного і теплового каналів при збільшенні дальності до об'єкту (ділянки), що спостерігається – див. вираз (2);
- “прицілювання” вузьконаправлених фото і теплового каналів при широкій кутовій зоні спостереження.

Важливо відмітити, що фундаментальний розрив в значеннях кутової роздільної здатності фото (теплового) каналів і радіолокаційного при обмежених розмірах апертур антен (об'єктів) може бути ліквідований тільки при використанні в останнім мікрохвильового (зокрема міліметрового) діапазону електромагнітних хвиль [Зубков, 2005].

З точки зору практичної реалізації потенціальних можливостей багатоспектрального геомоніторингу по дальності, інформативності і завадозахищеності найбільший інтерес становить ситуація ціле фонові обстановки, що динамічно змінюється (день, ніч, наявність метео опадів або завад штучного походження).

В праці [Зубков, Д'яков, Мартиненко, Красюк, 2011] указано, що найвища ефективність може бути досягнута при перебудові передавальних функцій парціальних спектральних каналів в відповідності з адаптивним алгоритмом їх ранжування. Для цього введемо наступні практично виправдані передумови:

1. Ранжування парціальних спектральних каналів по пріоритетності, незалежно від завдань дистанційного моніторингу (виявлення, розпізнавання, вимір координат) проводиться на етапі виявлення.

2. Технічним еквівалентом методу максимуму правдоподібності являється метод максимального відношення сигнал/завада (ОСП) на виході каналу спостереження.

3. Априорі завжди можна налагодити парціальний спектральний канал на максимальне відношення сигнал/завада для деякого усереднення для цього каналу фоноцільової обстановки.

4. Динамічні діапазони приймальних трактів парціальних спектральних каналів забезпечують лінійну обробку вхідної адитивної суміші сигнал + завада.

Тоді оптимальний алгоритм виявлення для трьох спектральної системи геомоніторингу приймає вигляд:

$$\hat{\mathbf{a}}^3 \frac{1}{S_k^2} \hat{\mathbf{a}}^{\frac{n_k}{2}} x_{ki} a_k^3 A, \quad (4)$$

де: $x_{ki} = a_{ki} + b_{ki}$ – дискретна часова реалізація процесу на вході парціального спектрального каналу; a_{ki} – корисна компонента адаптивної суміші сигнал + шум; b_{ki} – шумова компонента; S_k^2 – дисперсія завади на вході парціального спектрального каналу; n_k – об'єм дискретної часової вибірки;

A – поріг, значення якого визначається потрібною імовірністю хибної тривоги при заданій вірогідності правильного виявлення для системи геомоніторингу в цілому.

Бачимо, що ефективність виявлення являється функцією ОСП $\frac{a_k}{S_k^2}$. В припущенні, що

парціальні спектральні канали нерівноцінні по ефективності для випадку $\frac{a_1}{S_1^2} > \frac{a_2}{S_2^2} > \frac{a_3}{S_3^2}$ мож-
на записати систему нерівностей

$$\begin{aligned} \frac{1}{S_1^2} \sum_{i=1}^{n_1} x_{1i} a_{1i} &> A_1 = A, \\ A_1 &\geq \frac{1}{S_2^2} \sum_{i=1}^{n_2} x_{2i} a_{2i} > A_2, \\ A_2 &\geq \frac{1}{S_3^2} \sum_{i=1}^{n_3} x_{3i} a_{3i} > A_3, \end{aligned} \quad (5)$$

Система нерівностей (5) визначає оптимальний алгоритм роботи аналізатора завадової обстановки для багатоспектральної системи геомониторингу. Фізична суть алгоритму – вибір серед парціальних спектральних каналів каналу з найвищим вихідним відношенням сигнал/завада і використання його в якості ведучого (опорного).

Алгоритм (5) розповсюджується на всі етапи геомониторингу: розпізнавання, вимірювання (оцінка) координат [Зубков, Прудіус, Лазько, Мимріков (2009)].

Висновки

1. Розглянуто питання аналітичного опису інформативності багатоспектрального геомониторингу.

2. Запропоновані алгоритми адаптації системи багатоспектрального геомониторингу під ціле- фонову обстановку, що динамічно змінюється.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Мельник (1980) Радиолокационные методы исследования Земли / Ю. Мельник, С. Зубкович, В. Степаненко и др. Под ред. Ю. Мельника. – М.: Сов. Радио, 1980. – 264 с.
- Зубков (2008) Интегрированные многоспектральные системы геомониторинга. Концепция построения./А. Зубков, И. Прудіус // МРФ 2008 : 3-й Международный радио- электр. форум: сборник наук. Трудов – Харьков: ХНУРЭ, 2008. – С. 283-286.
- Станкевич (2006) Кількісне оцінювання інформативності гіперспектральних аерокосмічних

знімків при вирішенні тематичних задач дистанційного зондування землі. / С. Станкевич //Дол.НАН України – 2006 – № 8. – С. 161-167.

Абросимов (2007) Обработка гиперспектральных изображений в ПК ENVI/A.Абросимов, А. Черепанов // Геопрфи.- 2007.-№ 2. – С. 55-57.

Зубков (2005) Системы радиовидения миллиметрового диапазона. Принципы построения. / А. Зубков // Радиоэлектроника. – 2005. – №9. – С. 3-16.

Зубков (2011) Многоспектральная адаптивная система локационного мониторинга. / А. Зубков, А. Д'яков, С.Мартиненко, А. Красюк ./Радиотех-ника.-2011.- Вып.164.- С.30-34.

Зубков А. Патент № 20090454. Спосіб визначення геометричних характеристик і параметрів руху наземних об'єктів при геомониторингу і система для його реалізації./ А. Зубков, І. Прудіус, Л. Лазько, Д. Мимріков.-(Україна)

ADAPTIVE SYSTEM OF MULTISPECTRAL GEOMONITORING

**Tsynsyk M., Zubkov A., Ilnytskyi I.,
Seredenko M., Siryi Y.**

The article highlights the issues of structural and technical implementation of multispectral system of geomonitoring dedicated to the providing all-weather and twenty-four-hour application. It gives the analytical descriptions of multispectral images being formed and the dynamics of their changes depending on the parameters of tributary channel of observation and transparency coefficient of surface layer of the atmosphere in this channel. It proposes the structure of analyzer of target background environment and the algorithm of adaption of geomonitoring system for providing the maximum of information capacity of location supply.

Keywords: geomonitoring; target coordinator; optical image; self-homing; target background contrast.

УДК 535(031):358.11

РОЗПІЗНАВАННЯ ЖИВОЇ СИЛИ, ЕЛЕМЕНТІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Дегтяренко В., Ванкевич П., Іваник Є.

Науково-дослідний відділ (навчально-тренувальних засобів та бойового екіпірування) Наукового центру Сухопутних військ НАСВ

Викладено загальні положення процесу ідентифікації і розпізнавання об'єктів (живої сили та техніки) на полі бою, а також стандарти, методи і процедури використання засобів та пристроїв бойової ідентифікації. Розроблено вимоги до обрисів системи пристроїв ідентифікації елементів військового оснащення на полі бою.

Ключові слова: навігаційні технології; методи і процедури використання засобів та пристроїв бойової ідентифікації; процедури розпізнавання; ідентифікація знаків і сигналів; відеозахоплення.

Вступ

Завдання розпізнавання належності сил на полі бою або в районі операцій вирішується поєднанням процедур контролю, ситуативної розвідки, застосування технічних засобів і проведенням ефективної підготовки. Оскільки це завдання ускладнюється при збільшенні відстані, складності рельєфу та зниженні видимості, основним засобом запобігання помилковій ідентифікації та братовбивству, особливо на рівні військових частин і вище, є використання ефективних заходів командування та управління. Мета бойової ідентифікації полягає в тому, щоб на основі єдиної доктрини, ефективної підготовки і дотримання правил ведення бойових дій досягти удосконалення ситуативної розвідки, а також методів, засобів і приладів розпізнавання, з метою підвищення бойової ефективності і, як наслідок, зменшення випадків ураження своїх (дружніх) військ.

Метою ідентифікації цілі є визначення характеру об'єкта на полі бою як союзного, ворожого, нейтрального або не бойового.

Оскільки розпізнавання образів є однією з найфундаментальніших проблем теорії інтелектуальних систем, проблема розпізнавання образів має величезне практичне значення стосовно військових задач.

Приймається умова, що замість терміну «розпізнавання» доцільно використовувати інший термін – «класифікація» [Альведе Р., 1982]. Ці два терміни у багатьох випадках розглядаються як синоніми, але не повністю є взаємозамінюваними. Кожен з цих термінів придатний до певної сфери військового застосування, тому інтерпретація обох термінів часто залежить від специфіки поставленої конкретної задачі, зокрема при виконанні військових задач (операцій).

Подамо типові приклади постановки задач розпізнавання.

1) *Задача ідентифікації*, яка полягає в тому, щоб вирізнити певний конкретний об'єкт (особу) серед йому подібних наприклад, впізнати серед інших військовослужбовців (наприклад, «зелених чоловічків» без розпізнавальних знаків «свого»).

2) *Віднесення об'єкта до того чи іншого класу або класифікація*. Це може бути, наприклад, задача розпізнавання літер або прийняття рішення про наявність дефекту в певному виді озброєння на полі бою у деякій технічній деталі. Віднесення військового об'єкта (техніки, військовослужбовця) до певного класу відображає найтипівішу проблему класифікації, і, проблема наукової розробки створення на базі загальної теорії розпізнавання самої спеціальної теорії про розпізнавання військових образів.

3) *Кластерний аналіз військових об'єктів*, полягає в поділі заданого набору ідентичних об'єктів на класи – групи об'єктів, схожі між собою за тим чи іншим критерієм, наприклад однакові зразки озброєння, обмундирування, шеврони, тощо. Таку задачу можна назвати *класифікацією без іменника*, оскільки, на відміну від умови розглянуті в другій задачі, класи апріорно не задані.

Аналіз останніх досліджень

Як свідчить світова практика, в останні десятиріччя розвиток звичайних засобів збройної боротьби вийшов на якісно новий рівень. Аналіз останніх воєнних конфліктів показав [Алексеев А., 2017], що відбулося значне зростання можливостей засобів ураження, зокрема, підвищення їх потужності, дальності та швидкості вогневого впливу. Як наслідок, виникла проблема – як не потрапити під своє вогневе ураження під час бойових зіткнень в обмеженому просторі та умовах

недостатньої ситуаційної обізнаності [Политов И., 2001].

Враховуючи значний відхід форм і методів ведення бойових дій від стереотипів минулих років, виникла гостра потреба вжити низку організаційно-технічних заходів, спрямованих на своєчасну ідентифікацію на фоні масового скупчення діючих у бойовому просторі живої сили та техніки своїх підрозділів, безпомилково відокремити їх від протидіючих сил противника, тим самим максимально виключити вірогідність потрапляння під «Friendly fire» своїх вогневих засобів. «Friendly fire» (дружній вогонь) – це негативна ситуація, коли війська несуть втрати від ударів своїх або союзницьких сил внаслідок об'єктивних та суб'єктивних причин. Вірогідність потрапити під такий вогонь дуже висока, якщо у бойових операціях з обох протидіючих сторін задіяна велика кількість особового складу та військової техніки [Сергеев А., 1983].

Особливо це актуально під час дій на обмеженому просторі, коли втрачений або взагалі не встановлений інформаційний контакт. Втрати від такого вогню завжди супроводжували і будуть супроводжувати військові конфлікти, враховуючи те, що останнім часом у бойових діях набувають широкого застосування об'єднані сили, зокрема під час проведення операції Об'єднаних сил (ООС) на Луганському та Донецькому напрямках. В умовах швидкоплинності вогневих контактів з противником та швидкої зміни обстановки, вірогідність організаційного взаємного непорозуміння завжди залишається досить високою.

Мета статті

Висвітлення основних проблем пов'язаних з створенням перспективного засобу розпізнавання (ідентифікації) на фоні масового скупчення діючих у бойовому просторі живої сили та техніки своїх підрозділів, безпомилковість виокремлення їх від протидіючих сил противника, дослідження відомих нині способів розпізнавання «свій-чужий», загальний алгоритм процесу проектування.

Основний матеріал

Як вхідна характеристика для побудови процесу ідентифікації приймається базових математичне поняття множини. У цифровій

техніці (комп'ютері) множина представляється набором неповторюваних однотипних елементів булевої алгебри логіки [Новиков Ф.А., 2001].

Наприклад слово «неповторюваних» означає, що якийсь елемент у даній множині або є, або його там немає. Універсальна множина включає всі можливі в процесі розв'язування прикладних військових задачі елементи, а порожня не містить жодного з таких названих елементів.

Якщо у загальній теорії розпізнавання образ – це класифікаційне угруповання, то в системі спеціальної теорії класифікації, яка об'єднує (виризняє) певну групу військових інтересів (об'єктів) за деякою специфічною ознакою озброєння і військова техніка.

В такому випадку ці образи повинні мати характерну властивість (військову ознаку), що проявляється в тому, що в процесі аналізу з кінцевим числом явищ з однієї і тієї ж множини це дає можливість дізнаватися про як завгодно велике число представників цієї множини. Що стосується до озброєння і військової техніки (ОВТ), то такі образи ОВТ мають специфічні (характерні) і об'єктивні спільні властивості в тому сенсі, що навіть різні військові (особи), що навчаються на різному матеріалі спостережень, здебільшого однаково і незалежно один від одного класифікують одні й ті ж військові об'єкти.

У класичній теорії постановки завдання розпізнавання універсальна множина розбивається на частини-образи. А отже кожне спеціальне відображення якого-небудь військового об'єкту буде діяти на приймальні сенсори (вхідні сигнали) системи розпізнавання, незалежно від її положення щодо цих сенсорів, і таку алгоритмічну сукупність назвемо зображенням об'єкта, а множини таких зображень (сукупностей), об'єднані будь-якими загальними властивостями, технічними характеристиками, або за військовим призначення – будуть мати вигляд відповідних образів.

Військова методика віднесення елемента ОВТ до якогось образу буде вирішальним правилом при розпізнаванні ОВТ.

У класичній теорії розпізнавання образів існує важливе поняття – метрика, спосіб визначення відстані між елементами універсальної множини. Чим менша ця відстань, тим більш схожими є об'єкти (символи, звуки та ін.) – те, що ми розпізнаємо.

У спеціальній теорії розпізнавання звичайно елементи озброєння та військової тех-

ніки задаються у вигляді набору чисел, а сама метрика – у вигляді математичних функцій.

Таким чином, від вибору представлення образів ОВТ і реалізації метричних характеристик залежить ефективність роботи алгоритму спеціальної теорії розпізнавання військових образів. Один і той самий алгоритм розпізнавання ОВТ з різними метриками буде помилятися з різною частотою.

На вхід системи подаються сигнали, що характеризують розпізнавання образів (військових об'єктів, спеціальних сигналів, ситуацій, явищ або процесів) – завдання ідентифікації об'єкта або визначення будь-яких його властивостей за його зображенням (оптичне розпізнавання), або аудіозапису (акустичне розпізнавання) електромагнітними та іншими фізичними характеристиками.

Розглянуто комплексний підхід до розпізнавання елементів ОВТ та процедуру ідентифікації особового складу військових підрозділів сухопутних військ використовуючи технологію «фітнес трекерів»: фітнес трекери – сучасні електронні технології, які завдяки своїм мінімальним розмірам, вмонтовуються у дитячі іграшки, спортивний інвентар, спортивний одяг, автомобілі, побутову техніку, тару продуктів харчування та багато іншого. Електроживлення фітнес трекерів здійснюється від низьковольтних акумуляторів. При використанні якісних акумуляторів можуть підтримувати функції в робочому режимі довгий період часу від декількох місяців і навіть до 1-2-х років. Активація, тобто перехід від «сплячого» режиму очікування до робочого режиму фітнес-трекера проходить від активного зовнішнього сигналу «подразника».

Забезпечення особистої ідентифікації працівників силових структур та військовослужбовців ЗС України має базуватися на отриманні повної та правдивої інформації щодо їх безпеки в місцях виконання ними службових обов'язків. Особливо гостро це питання стоїть при гарантуванні безпеки згаданих категорій при виконанні бойового завдання за межами дислокації.

Ефективність забезпечення ідентифікації військовослужбовців в разі покращується при умові отримання повноти правдивості інформації. Сучасні навігаційні технології такі як GPS локація, різного роду надвисокочастотні «радіомаяки», «батьківський контроль», геолокація тощо становлять основу інформаційного забезпечення безпеки військовослужбовців, вирішальним при цьому є якість і повнота

отриманої розвідувальної інформації про суб'єкти (як про осіб так і про угруповання, їх цілі). Сучасні умови локальних військових дій та конфліктів вимагають отримання, точної і достовірної розвідувальної інформації та своєчасного її опрацювання у ході проведення оперативних задач за призначенням особового складу, які виконують поставлені завдання.

Отже, використання загальнодоступних ультрасучасних технологій у злочинних цілях є універсальною проблемою для усіх цивілізованих та демократичних країн.

Проблема витоку інформації стала актуальною і підтвердилась після того, як фітнес-додаток видавав переміщення американських військ у Сирії. В результаті цього у новинах з'явилась стаття, в якій, зокрема, вказувалось, що «Керівництво збройних сил США наказало негайно обмежити використання солдатами додатків з GPS-трекінгом у небезпечних і таємних зонах», – там де вони базуються і їх локація. Враховуючи згаданий досвід у працівників правоохоронних органів та військовослужбовців, які перебувають у зонах військових конфліктів, або на базах, тепер можуть вимагати відключати геолокаційні сервіси на своїх електронних пристроях.

Як свідчить практика, геолокація GPS-трекінг, технологічно присутня у більшості сучасних телефонів, комп'ютерів та смарт-годинників; досвід використання відповідних інформаційних додатків, геолокація використовується у фітнес-додатках і навіть у програмних засобах для знайомств.

Так, наприклад, GPS-трекер і додаток фітнес-трекер Strava нещодавно оприлюднив на перший погляд нічим не примітну глобальну карту своїх користувачів. Але при ретельнішому аналізі ця «Глобальна теплова карта активності» висвітлює геодані, які можна інтерпретувати як туристичні, бігові або велосипедні маршрути у конкретному випадку – солдатів на ключових базах дислокації військ США в Афганістані та Сирії.

Нині швидкого розвитку набувають іграшки-шпигуни, смарт-дівайси та комп'ютерні послуги з функціями геолокації. Їх використання у зловмисних цілях становить значний ризик для персоналу військовослужбовців, а особливо під час виконання ними службових обов'язків та на відпочинку. Слід відзначити, що ця проблема є актуальною і для працівників правоохоронних органів та військових по всьому світі.

Аналіз можливості «Функції геолокації» показує, що вони можуть видати персональні дані, розташування, інформацію про рутинні дії та кількість персоналу і багато іншого. Усе це потенційно може призвести до ненавмисних наслідків для безпеки, а також підвищує ризик для особистої громадської безпеки.

Виробники фітнес-трекерів Fitbit твердять, що їх компанії «віддані захисту прав споживачів і надійному зберіганні персональних даних» і самі не збирають дані про геолокацію, якщо користувач не надав доступу до цих даних, до того ж твердять, що користувачі завжди можуть забрати цей доступ.

Але незалежно від цього, дослідження показують, що іграшки можна «хакнути», тобто дистанційно програмно ними керувати. Це підтверджується тим, що звуки від іграшок потрапляють у мережі зв'язку без відома і згоди на це тих, хто ними користується.

На ринку мікроелектроніки на сьогоднішній день є пристрої протидії несанкціонованому прослуховуванню сотових телефонів GSM 3G, 4G-LTE, Wi-Fi.

Окрім чисто адміністративних та рекомендаційних заходів існують ряд пристроїв, призначених для активного захисту простору особистої інформації від небажаного прослуховування через канали мобільного Інтернету або сотового зв'язку. Так, наприклад, глушилки сотових телефонів дозволено до обмеженого використання і тільки у якості персонального захисту від GSM-жучків.

У процесі розробки загальних вимог до обрисів системи пристроїв бойової ідентифікації на полі бою слід врахувати досвід провідних країн світу, щодо порядку застосування способів і методів пристроїв бойової ідентифікації на полі бою. Результати проведеного аналізу спрямовані на удосконалення і підвищення надійності систем виявлення місцезнаходження об'єкта, визначення його координат та ідентифікації як свій, або не визначений, або чужий.

Висновки

Основне завдання, що постає в процесі вирішення поставленої проблеми – створення компактної універсальної системи, здатної в автоматичному режимі дистанційно виявити місцезнаходження об'єкта та його координати, ідентифікувати його (свій-чужий) у складних погодних умовах та рельєфу місцевості

на фоні зовнішніх завад, з подальшим здійсненням бездротової передачі інформації на індивідуальний мобільний, або командний єдиний стаціонарний (рухомий) наземний (повітряний) пункт управління, для усвідомлення обстановки та прийняття рішення на подальші дії (вогневе ураження).

Застосування пристроїв бойової ідентифікації передбачає їх комплексне використання, в залежності від обстановки, що склалася, здатності наявних засобів своїх підрозділів та засобів розвідки противника щодо прийому та обробки отриманих сигналів. Спосіб та метод обирає командир військового формування з подальшим доведенням інформації до підлеглих підрозділів і сусідів на флангах.

До складу бойового екіпірування військовослужбовця доцільно включити: рефлективний матеріал ближнього діапазону інфрачервоного спектру; малогабаритну ідентифікаційну термopанель; інфрачервону рефлективну стрічку; як засоби бойової ідентифікації, з чітким визначення місць встановлення на формі одягу, або елементах бойового екіпірування.

Додатково до підсистеми ураження комплексу бойового екіпірування військовослужбовців включити: одноразові електронні або хімічні інфрачервоні випромінювачі ближнього сигналу; тепловий розпізнавальний маяк; сигнальні засоби кольорового вогню або диму.

Успішне вирішення завдань на полі бою підрозділами сухопутних військ значною мірою визначається застосуванням широкого спектру інформаційних систем, до яких відносяться і радіотехнічні системи ближньої дії, основним завданням яких є своєчасне виявлення наземних об'єктів та їх ідентифікація за ознакою «свій-чужий».

З розвитком сучасного озброєння, суттєво збільшилась дальність ефективного вогню засобів ураження, які перебувають на озброєнні сухопутних військ. Динаміка сучасного бою та новітні системи управління вогнем залишають стрільцю мало часу для прийняття рішень, а використання однотипного озброєння протидіє сторін значно ускладнює процес швидкої ідентифікації виявлених на полі бою об'єктів.

На жаль, з цілого ряду причин, існуючі системи ідентифікації не стали загальновійськовими. Серед таких причин слід назвати частотний діапазон у якому вони функціонують, який не дозволяє створити компактні системи ближньої дії. У зв'язку з вище зазначеним, дослідженню питань

ідентифікації об'єктів на основі радіотехнічних систем ближньої дії у багатьох країнах приділяється значна увага [Хорев А.А., 1998].

Розробки різноманітних радіотехнічних систем, які відомі на даний час, показали, що в основному вони створені на основі існуючих систем ідентифікації, які реалізуються за принципом «запит-відповідь» та мають вузьку діаграму спрямованості на запитувачі та широко на відповідачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Алексеев А. (2017) Лучшие военные инновации в США в 2017 году / А. Алексеев, Е. Колобов // Зарубежное военное обозрение. – 2017. – № 3. – С. 91–92.
- Альведе Р. (1982) Задачи поиска: Перев. с нем. / Р. Альведе, И. Вегенер. – М.: Мир, 1982. – 368 с.
- Дискретная математика для программистов / Ф.А. Новиков. – СПб.: Питер, 2001. – 304 с.
- Политов И. Системы опознавания «свой-чужой» ОБТ «Абрамс» и БМП «Брэдли» / И. Политов // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 7. – С. 34–39.

Сергеев А. Американская система радиолокационного опознавания МК12 / А. Сергеев, И. Тюрин // Зарубежное военное обозрение. – 1983. – № 8. – С. 55–58.

Хорев А.А. Методы и средства поиска электронных устройств перехвата информации / А.А. Хорев. – М.: МО, 1998. – 224 с.

IDENTIFICATION OF THE LIVING FORCES, AMUNITION AND MILITARY TECHNIC ELEMENTS

Dehtiarenko V., Vankevych P., Ivanyk E.

Department of teach and training devices and military equipment Scientific Center of the Army of Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy

The general provisions of the process of identification and recognition of the presence of forces on the battlefield, as well as standards, methods and procedures for the use of means and devices of combat identification. Requirements for the outline of the system of devices for identification of military equipment on the battlefield have been developed.

Key words: navigation technology; methods and proceedings of used of means and device of combat identification; proceeding of identification; sign and signals identification; videocapture.

УДК 629.05

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОХИБОК ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ТА БАЛІСТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ НА ТОЧНІСТЬ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ

Олійник М., Бахмат М.

Національна академія Сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

Проведений аналіз впливу похибки топогеодезичної та балістичної підготовки які супроводжують підготовку стрільби і управління вогнем в ході підготовки та виконання вогневих завдань, зокрема способом повної підготовки, а також оцінено їх вагу при стрільбі артилерійськими системами на різних зарядах. За результатами аналізу визначено, що суттєвий вклад в сумарну похибку визначення установок для стрільби способом повної підготовки вносять похибки топогеодезичної прив'язки та балістичної підготовки.

Ключові слова: підготовка стрільби і управління вогнем; повна підготовка; похибки топогеодезичної підготовки; похибки балістичної підготовки.

Вступ

Різка зміна обстановки в ході бою вимагає від артилерійських підрозділів високої маневреності, оперативності та точності виконання вогневих завдань, при цьому вогонь артилерійських підрозділів повинен бути своєчасним та ефективним [БСАСВ ч.2, 2017].

Виходячи з цього основним способом визначення установок для стрільби є спосіб повної підготовки, який в повній мірі забезпечує оперативність та точність вогневого ураження противника.

Аналіз останніх досліджень

Проводячи аналіз досвіду застосування артилерійських підрозділів [Ткачук П., Свідерок С., 2016] можна прийти до висновку, що швидкість проведення внутрішньопозиційного та міжпозиційного маневру визначає живучість артилерійської батареї, і за рахунок маневру вогнем та підрозділами впливає на результат вогневого ураження противника. При здійсненні внутрішньопозиційного маневру з метою швидкого виходу з-під можливого вогню противника ураження здійснюється за принципом «одна вогнева позиція – одне вогневе завдання». В цих умовах до виконання завдань залучається не більше однієї артилерійської

батареї [Ткачук П., Свідерок С., 2016]. Найбільш ефективно ці завдання вирішуються визначенням установок для стрільби способом повної. Ретельне виконання всіх заходів повної підготовки дозволяє підвищити точність розрахунку установок цим способом що дає можливість суттєво скоротити розхід снарядів та час виконання вогневих завдань тим самим зменшити час перебування артилерійського підрозділу на вогневій позиції [А. Шестаков, 1967]. Тому визначення ваги складових в сумарну похибку повної підготовки та їх мінімізація є актуальним питанням.

Підвищення точності складових які мають найбільшу вагу є актуальною науково-технічною задачею для оптимізації визначення установок способом повної підготовки.

Мета

Визначення доцільності мінімізації похибок топогеодезичної (для мінометних підрозділів) і балістичної (для ствольної артилерії) підготовки стрільби.

Основний матеріал

Враховуючи суть визначення установок способом повної підготовки, можна виділити наступні незалежні групи похибок [М. Телелим, 2004]:

похибки визначення координат цілі ($E_{x_{ц}}$, $E_{z_{ц}}$);

похибки топогеодезичної прив'язки ($E_{x_{тг}}$, $E_{z_{тг}}$);

похибки метеорологічної підготовки ($E_{x_{м}}$, $E_{z_{м}}$);

похибки балістичної підготовки ($E_{x_{б}}$);

похибки Таблиць стрільби ($E_{x_{тс}}$, $E_{z_{тс}}$);

похибки технічної підготовки ($E_{x_{тех}}$, $E_{z_{тех}}$);

похибки округлення ($E_{x_{окр}}$, $E_{z_{окр}}$)

Всі перераховані групи похибок по елементам повної підготовки є незалежними і підпорядковані нормальному закону розподілу (крім похибок округлення) [А. Круковський, 1976]. Тому сумарні похибки (в дальність та напрямок) повної підготовки також будуть підпорядковані нормальному закону розподілу. При цьому серединні похибки в повній мірі характеризують точність повної підготовки і розраховуються за формулою [А.Шестаков, 1967]:

- за дальністю

$$E_{x_s}^2 = E_{x_{ц}}^2 + E_{x_{тг}}^2 + E_{x_{м}}^2 + E_{x_{б}}^2 + E_{x_{тс}}^2 + E_{x_{тех}}^2 + E_{x_{окр}}^2, (1)$$

- за напрямком

$$Ez_S^2 = Ez_{Ц}^2 + Ez_{ТГ}^2 + Ez_M^2 + Ez_{TC}^2 + Ez_{TEX}^2 + Ez_{ОКР}^2, \quad (2)$$

Аналізуючи джерела похибок повної підготовки можна зробити висновок, що значення серединних похибок повної підготовки не можуть бути однозначними та залежать від:

калібру гармати, її зразка та номеру заряду;

дальності стрільби;

похибок виконання окремих елементів повної підготовки (способів визначення їх складових).

Похибки повної підготовки досліджуються для найбільш типових умов, а також для умов при яких елементи повної підготовки виконуються з максимальною і мінімальною похибкою.

Проаналізуємо вагу складових в сумарній похибці визначення установок для стрільби способом повної підготовки.

Відомо що, похибка топогеодезичної підготовки залежить від похибки проведення топогеодезичної прив'язки спостережних пунктів та вогневих позицій та похибки визначення координат цілі [М. Телелим, 2004]. Ця похибка залежить від похибок технічних засобів, що використовуються в ході проведення робіт. На даний час в практиці бойового застосування артилерійських підрозділів використовуються прилади, використання яких обумовлює похибки визначення координат і висот цілей, що наведені в таблицях 1.1 та 1.2 [М. Телелим, 2004].

Похибки топогеодезичної прив'язки вогневої позиції будуть складатися з серединних похибок у визначенні координат вогневої позиції та похибок у орієнтування гармат в основному напрямку стрільби [М. Телелим, 2004]:

$$Ex_{ТГ} = \sqrt{E_{ВП}^2 + (E_{дВП}^2 \operatorname{ctg}^2 Q_M)};$$

$$Ez_{ТГ} = \sqrt{E_{ВП}^2 + (0,001 D_T^2 E_{дМН})^2}, \quad (3)$$

де $E_{ВП}$ – серединна похибка визначенні координат вогневої позиції; $E_{дВП}$ – серединна похибка визначення абсолютної висоти вогневої позиції; $E_{дМН}$ – серединна похибка орієнтування.

Розглядаючи похибки топогеодезичної прив'язки при стрільбі на різних зарядах, серединна похибка $Ex_{ТГ}$ змінюється тільки на величину $E_{дВП}^2 \operatorname{ctg}^2 Q_M$ для дальності та на $0,001 D_T^2 E_{дМН}$ для напрямку, які в свою чергу незначні і лише частково впливають на загальне значення похибок. Враховуючи це, слід зазначити, що, як і при визначенні координат цілі так і при проведенні топогеодезичної

прив'язки вогневих позицій суттєве значення має вибір технічних засобів для проведення топогеодезичної прив'язки. Про це свідчать дані, що наведені в таблиці 1.3 та 1.4 [М. Телелим, 2004].

Похибка балістичної підготовки враховує похибки, що виникли в ході визначення відхилень початкової швидкості снаряду, температури заряду та зміни тиску повітря на 10 мм рт. ст. [М. Телелим, 2004].

$$Ex_B = \sqrt{0,1 DX_{ТЗ}^2 E_{дТЗ}^2 + DX_{Vo}^2 E_{дVo}^2 + E_{XCH}^2}, \quad (4)$$

де $E_{дТЗ}$ – серединна похибка визначення температури заряду; $E_{дVo}$ – серединна похибка визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряду; E_{XCH} – серединна похибка визначення відхилення балістичних умов від табличних значень.

При цьому величина $Ex_{CH} = 0,3 DX_H$, а $E_{дVo}$ залежить від виду пострілу.

Серединні похибки визначення сумарного відхилення початкової швидкості снаряду для різних умов стрільби наведені в таблиці 1.7 [М. Телелим, 2004].

Температура зарядів вимірюється на вогневій позиції за допомогою батарейного термометра з точністю, яка характеризується серединою похибкою: для зарядів роздільного заряджання – 1,2°C; для зарядів унітарного заряджання – 2°C. [А. Круковський, 1976].

При дослідженні точності балістичної підготовки необхідно враховувати, що для далекобійних артилерійських систем в Таблицях стрільби для рівнинних та гірських умов відсутня таблична поправка на відхилення температури заряду $DX_{ТЗ}$.

Сумарна серединна похибка повної підготовки стрільби визначається за формулами 1 та 2, а вага кожної складової:

$$gx_i = \frac{Ex_i^2}{Ex_S^2}; \quad gz_i = \frac{Ez_i^2}{Ez_S^2}, \quad (5)$$

де gx_i, gz_i – вага кожного джерела похибки; Ex_i, Ez_i – серединна похибка джерела похибки.

З проведеного аналізу можна зробити висновки:

вплив джерел похибок на точність проведення заходів стрільби і управління вогнем залежить від артилерійської системи, заряду, дальності стрільби та технічних засобів за допомогою яких здійснюються вимірювання;

похибки балістичної підготовки і похибки топогеодезичної підготовки мають суттєвий вплив на точність стрільби на всіх дальностях;

В ході розрахунків було використано наступні умови:

1. Для визначення ваги похибок кожної групи проведений розрахунок сумарних похибок підготовки стрільби способом повної підготовки за формулами для 120-мм міномету 2Б11 та 122-мм самохідної гаубиці 2С1, та побудовано графіки залежності ваги похибок від дальності стрільби та заряду (рис. 1, 2).. В ході розрахунків було використано наступні умови: артилерійська система 2Б11 комплексу 2С12, міна ОФ-84ЗБ, підричник М12, таблиці стрільби [ТС РГ №98, 1987], 122-мм самохідна гаубиця 2С1, снаряд ОФ-462-ж, підричник РГМ-2, таблиці стрільби [ТС № 1219, 2016], донесення "метеосередній" отримано 10 хв тому, відхилення початкової швидкості визначено за АБС-1, температура заряду вимірювалась ТБ-15 та дорівнює 20°C, топогеодезична прив'язка вогневої позиції проведена на геодезичній основі за допомогою бусолі.

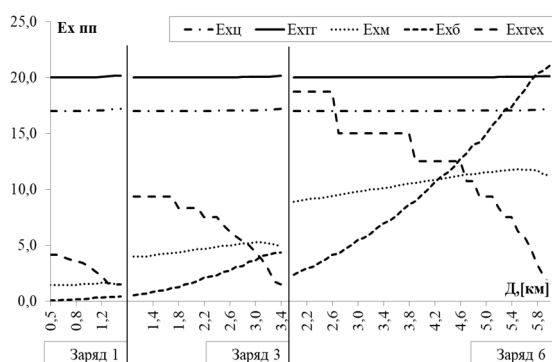


Рис. 1. Серединна похибка визначення умов стрільби способом повної підготовки ($E_{x_{III}}$) для міномета 2Б11

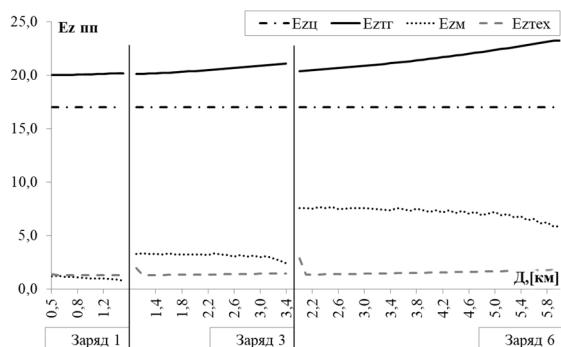


Рис. 2. Серединна похибка визначення умов стрільби способом повної підготовки ($E_{z_{III}}$) для міномета 2Б11

За результатами проведених розрахунків серединних похибок підготовки стрільби способом повної підготовки для 120 мм міномета 2Б11 та 122-мм самохідної гаубиці 2С1 побудо-

вані графіки величин похибок топогеодезичної (рис. 1, 2) та балістичної (рис. 3, 4) підготовки.

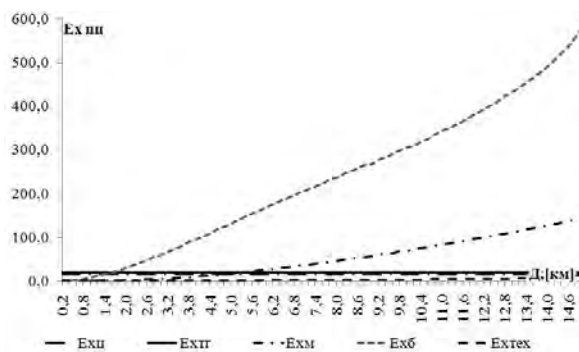


Рис. 3. Серединна похибка визначення умов стрільби способом повної підготовки ($E_{x_{III}}$) для СГ 2С1 (заряд ПОВНИЙ)

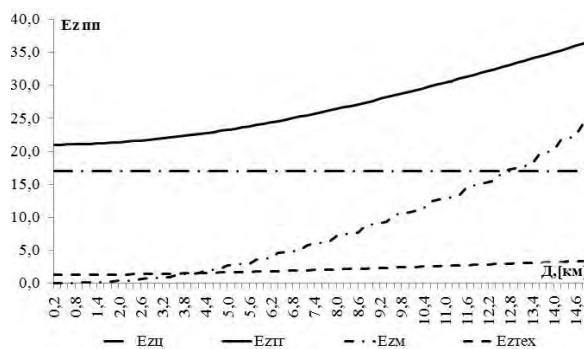


Рис. 4. Серединна похибка визначення умов стрільби способом повної підготовки ($E_{z_{III}}$) для СГ 2С1 (заряд ПОВНИЙ)

Аналіз графіків показує, що навіть з використанням найбільш точного способу визначення відхилення початкової швидкості (за допомогою АБС) та наявних засобів топогеодезичної прив'язки найбільшою серед інших похибок є:

для міномета – похибка топогеодезичної підготовки підготовки (рис. 1, 2);

для гаубиці – похибка балістичної підготовки (в дальність) має домінуюче значення та різко зростає зі збільшенням дальності стрільби (рис. 3).

Серединні похибки в напрямку (рис. 2, 4) характеризуються перш за все зміною похибки топогеодезичної прив'язки вогневої позиції, а саме, орієнтуванням гармат в основному напрямку. При цьому зі збільшенням дальності стрільби похибка зростає за рахунок серединної похибки орієнтування в основному напрямку стрільби.

За результатами розрахунків ваги похибок повної підготовки в дальності та в напрямку можна зазначити, що найбільшу вагу серед

інших розглянутих похибок має: для мінометів – похибка топогеодезичної прив'язки; для гаубиць – похибка балістичної підготовки [М. Бахмат, 2019]. На малих та середніх дальностях стрільби, для мінометів ця похибка має найбільшу вагу.

За результатами розрахунків оцінено вагу балістичної підготовки для СГ 2С1 (рис. 5).

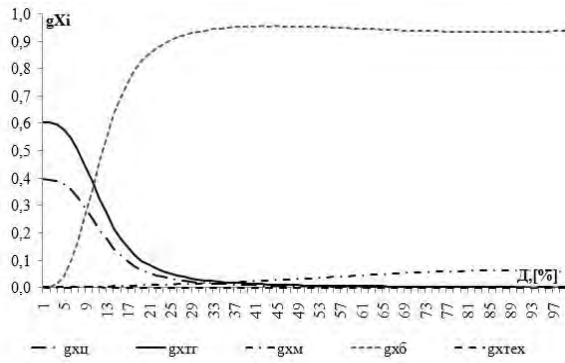


Рис. 5. Вага похибки балістичної підготовки (g_{Xi}) для СГ 2С1 (заряд ПОВНИЙ)

З графіка видно, що на середніх і великих дальностях та на найбільших зарядах вага похибки балістичної підготовки зростає як для мінометів так і для гаубиць. В результаті на максимальну дальність стрільби міномета для заряду шостого похибка балістичної підготовки вирівнюється за вагою похибки топогеодезичної прив'язки і вона є максимальною.

Вага похибки балістичної підготовки для гаубиць на максимальному заряді є визначальною на середніх і максимальних дальностях стрільби.

Висновки

Проведений аналіз показує доцільність мінімізації похибок топогеодезичної (для мінометних підрозділів) і балістичної (для ствольної артилерії) підготовки стрільби. Тому метою подальших досліджень є розробка та оптимізація приладів топогеодезичної та балістичної підготовки стрільби:

радіолокаційних вимірювачів параметрів руху наземних об'єктів ракетних військ і артилерії;

радіолокаційних вимірювачів параметрів руху артилерійських боеприпасів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бахмат М.В. Порівняльна оцінка впливу похибок топогеодезичної прив'язки на точність стрільби мінометів / Військово-технічний збірник. – Львів: НАСВ, 2019. – Вип. 20 – С. 82-88.
- Бойовий статут артилерії збройних сил України. Частина 2. Дивізіон, батарея, взвод, гармата. – К.: 2017. – 194 с.
- Особливості застосування підрозділів ракетних військ і артилерії у специфічних діях за досвідом АТО: Навчальний посібник / П.П. Ткачук, С.М. Свідерок та інші. – Львів: НАСВ, 2016. – 97 с.
- Правила стрільби та управління вогнем наземної артилерії. – К.: 2018. – 232 с.
- Таблиці стрільби 122-мм самохідної гаубиці 2С1. – Львів: 2016. – 354 с.
- Таблицы стрельбы для равнинных и горных условий для 120-мм миномета 2С12. – М.: 1987. – 408 с.
- Теоретичні основи стрільби і управління вогнем артилерії: підручник / М. Телелим, В. Тарасов, В. Сорока, В. Артамощенко. – К.: НАОУ, 2004. – 306 с.
- Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии: учебник / А.С. Круковский, В.К. Власенко. и другие – М.: 1976. – 337 с.
- Теория стрельбы наземной артиллерии: учебник / А.В. Шестаков, Е.К. Малаховский, Е.М. Рогов – М.: 1967. – 365 с.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF BALLISTIC AND TOPOGEODESIC PREPARATION ERRORS ON THE ACCURACY OF ARTILLERY FIRE

Oliinyk M., Bakhmat M.

The influence of the error of topogeodetic and ballistic preparation that accompanies the preparation of firing and fire control during the preparation and execution of fire tasks, in particular the method of complete preparation, as well as their weight when firing artillery systems on different charges, was conducted. According to the results of the analysis, it is determined that a significant contribution to the total error of determination of firing installations by the method of complete preparation is made by the errors of topogeodetic binding and ballistic preparation.

The key words preparation of firing and fire control; full preparation; errors of topogeodetic preparation; errors in ballistic preparation.

УДК 528.9:681.3.06

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ WEB-ГІС ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВІЙСЬКОВИХ АСПЕКТІВ ПОГОДИ

Живчук¹ В., Поліщук¹ Л., Щербат¹ А.,
Колб І.¹, Пашетник О.^{1*}

1*. Науковий центр Сухопутних військ.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного

Метою представленої роботи є аналіз можливостей сучасних інформаційних технологій для вирішення однієї із важливих задач у діяльності армійських органів управління, а саме аналізу військових аспектів погоди. Це завдання є складовою процесу прийняття рішення (СППР) на ведення бойових дій. Для досягнення цієї мети проведено аналіз вимог стандартів НАТО до вивчення військових аспектів погоди, а також геоінформаційних та інтернет технологій отримання та опрацювання метеоданих. Запропоновано схему структури автоматизованої системи управління військами, яка містить спеціальний сервіс геоданих для оцінки військових ефектів місцевості та погоди.

Ключові слова – військові аспекти погоди; web-картографія; геоінформаційні технології; геоінформаційний аналіз; кліматичні карти.

Вступ

Важливою умовою для впровадження в Збройних силах України військових стандартів НАТО є їхнє всестороннє, детальне вивчення та забезпечення дотримання вимог цих стандартів в службовій діяльності.

Метою цієї роботи є аналіз можливостей сучасних інформаційних технологій для вирішення однієї із важливих задач у діяльності армійських органів управління, а саме аналізу військових аспектів погоди. Це завдання є складовою процесу прийняття рішення (СППР) на ведення бойових дій.

Аналіз вимог НАТО до вивчення військових аспектів погоди

Командири і штаби використовують СППР на ведення бойових дій для вибору варіанту ймовірних дій. Забезпечують якісне виконання процесу СППР результат та продукти розвідувальної підготовки поля бою [Fry, 2019; BSS5, 2015]. Розвідувальна підготовка поля бою це системний безперервний процес, який застосовується серед іншого для

аналізу географічного середовища – військових аспектів місцевості, цивільних міркувань та військових аспектів погоди у певному географічному районі. На схемі (рис. 1) показано місце задачі оцінки місцевості і погодних умов в системі підтримки прийняття рішення Збройних Сил (ЗС) США (MDMP).

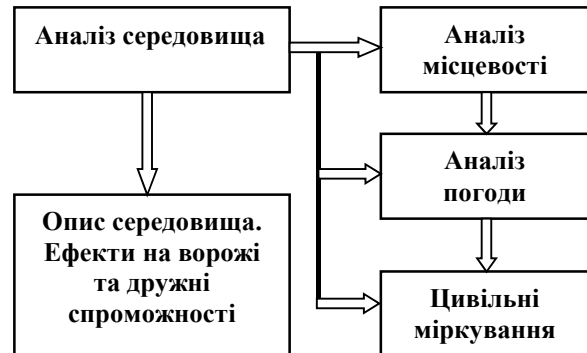


Рис. 1. Оцінка місцевості і погодних умов в системі підтримки прийняття рішення ЗС США (MDMP)

Військові аспекти погоди – це видимість, вітер, опади, хмарність, температура, вологість та іноді атмосферний тиск. Загальну відповідальність за оцінку ефектів місцевості і погоди на власні сили (особовий склад, обладнання та озброєння) та на сили противника несе група управління G2 / S2. В окремих випадках до цієї групи також входить штабний погодний офіцер (SWO). Їхнім завданням є визначити дії, чутливі до погоди, постійно проводити її прогнозування та спостереження метеорологічних умов та ефектів на заплановані чи потенційні операції.

Зазначимо також на необхідності контролю зміни сезонних властивостей місцевості та особливості ефектів погоди на ведення операцій в містах, подоланні водних перешкод та інших дій [Військова топографія, 2011].

Геоінформаційні та інтернет технології отримання та опрацювання метеоданих

Сучасні рішення окресленої вище задачі будуються на принципі застосування глобальних сервісів геоданих. Такі сервіси функціонують в структурі спеціалізованих національних агентств та організацій. В США таким агентством є NOAA [The National Weather Service (NWS)]. Поширеним міжнародним джерелом даних є мережа метеостанцій міжнародної асоціації цивільної авіації (ICAO). Геоінформаційні сервіси, у тому числі призначені для оборонних та інших силових відомств використовують сервіси метеоданих наведеного вище типу. Зразком тут можуть слугувати сервіси

компанії ESRI – розробника рекомендованої до впровадження в структури ЗСУ геоінформаційної системи ArcGIS. Зокрема, ця компанія пропонує рішення «Military aspects of Weather», яке перетворює метеоінформацію в інформацію про ефекти кожного військового аспекту погоди на особовий склад та різні типи військового обладнання і озброєння за експертними висновками:

- 2: несприятливий;
- 1: нижче допустимого;
- 0: сприятливий.

Наприклад, для формальної оцінки ефектів погоди на особовий склад формується кумулятивна оцінка за наступними правилами (таблиця 1). Індекс тепла в таблиці- це показник, який поєднує температуру повітря та відносну вологість повітря в затінених місцях, щоб встановити комфортність перебування людини.

Всього передбачене оцінювання 40 параметрів погоди на такі структури як особовий склад, сили ППО, БПЛА, артилерію, парашутний десант, польоти вертольотів, які відображаються одночасно на одному моніторі (так звана «операційна дошка», як показано на рис. 2.

Таблиця 1

Правила оцінки ефектів погоди на особовий склад (°C)

Змінна погоди	Мінімальне значення	Максимальне значення	Операційний вплив
Температура	-100	-26	-2
	-26	-6	-1
	-6	30	0
	30	35	-1
	35	100	-2
Індекс теплоти	-100	32	0
	32	38	-1
	38	51	-2
	51	150	-3
Охолодження вітром	4	100	0
	-6	4	-1
	-17	-6	-2
	-28	-17	-3
	-58	-28	-4
	-100	-58	-5

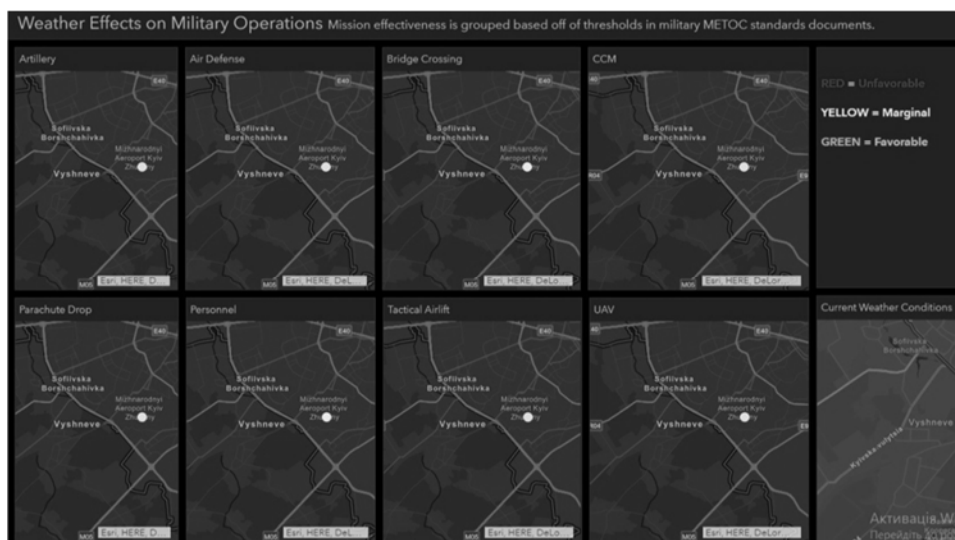


Рис. 2. Операційна дошка з експертною оцінкою військових аспектів погоди на район аеропорт Жуляни-с.Вишневе

Нами пропонується використання як прототипу сервісу метеоданих інтернет-сайт windy.com, який дозволяє в будь-якому районі отримати наступні метеодані: наявність опадів, температура повітря, вологість, силу і напрямок вітру як на поверхні землі так і на різних висотах над нею. Також можна сформувати прогноз погоди на найближчі 10 діб. Всі ці дані відображаються на електронній карті місцевості, подаються у вигляді графіків (екограм) та числових параметрів. Як елемент технологій геоінформаційного аналізу сайт надає сервіс

створення профілів прокладених на електронній карті маршрутів пересування на місцевості з розрахунком тривалості переміщення в пішому порядку чи на автотранспорті і відображенням прогнозу метеоумов в кожній точці маршруту, як показано на рис.2.

Формування веб-адреси для запиту даних на сайті здійснюється за зразком:

<https://www.windy.com/> [тип планування] + [спосіб переміщення]+ [список географічних координат точок маршруту]

Наприклад, автомобільний маршрут Луцьк-Горохів-Львів-Яворів:

<https://www.windy.com/distance/car/50.68,25.35;50.45,24.74;50.10,24.61;49.96,24.58;49.81,24.09;49.92,23.36?49.694,23.538,8>

Розміщення цієї адреси в веб-браузері призводить до візуалізації маршруту на електронній карті, побудови його профілю та погодинного відображення метеоданих в режимі он-лайн, як показано на рис. 3:

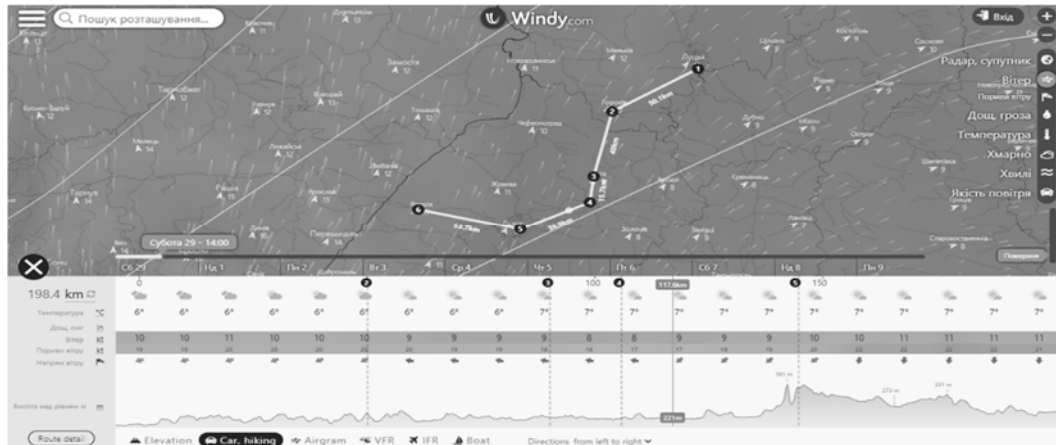


Рис. 3. Сервіс метеоданих windy.com

Такий підхід на нашу думку може бути прототипом сервісу для швидкого постачання метеорологічної інформації для органів управління при прийнятті рішення на ведення бойових дій. Тому пропонується включити сервіс геоданих для оцінки військових аспектів місцевості та військових аспектів погоди як сервісів у структуру АСУВ тактичної ланки.

Висновки

В даному дослідженні представлено можливості сучасних геоінформаційних та інтернет технологій для оцінки військових ефектів погоди. Частина цих сервісів орієнтовані на дотримання вимог військових стандартів НАТО (зокрема США). Визначено прототипи сервісів для отримання метеоданих. Наступним кроком досліджень має стати формування стислих форм подачі військових аспектів місцевості в штабний документації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Fry J., Barnes D (2019). ArcGIS Defense Solutions: Analyzing Environmental Impacts on Military Operations / https://proceedings.esri.com/library/userconf/fed17/papers/fed_120.pdf
- BSS5: The Battle Staff SMARTbook, 5th Ed. (Leading, Planning & Conducting Military Operations) (2015). The Lightning Press. <https://www.thelightningpress.com/smartbooks/bss5-battle-staff/>
- The National Weather Service (NWS): <https://www.weather.gov/>

Military aspects of Weather: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=2bd5ab673e5d4374bca6343cc80df414>

RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF WEB-GIS TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF MILITARY ASPECTS OF WEATHER

Zhivchuk¹ V., Polishchuk¹ L., Kolb¹ I.,
Shcherba¹ A., Pashchetnyk O.¹

¹Land Forces Science Center. Hetman Petro Sahaidachny
National Academy of Land Forces

The purpose of the presented work is to analyze the capabilities of modern information technologies to solve one of the important tasks in the activities of the military governing bodies, namely the analysis of military aspects of the weather. This task is an integral part of the decision-making process for warfare. In order to achieve this goal, an analysis of the requirements of NATO standards for the study of military aspects of the weather, as well as geoinformation and internet technologies for the acquisition and processing of meteorological data, was conducted. A scheme for the structure of an automated military control system is proposed, which contains a special geodata service for assessing the military effects of terrain and weather.

Keywords – military aspects of weather; web-cartography; geoinformation technologies; geoinformation analysis; climate maps.

ЗМІСТ

ГЛОТОВ В., ФИС М. ОЦІНКА ТОЧНОСТІ КУТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗОВНІШНЬОГО ОРІЄНТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ОТРИМАНИХ З БПЛА З ЗАСТОСУВАННЯМ ПОХІДНИХ НЕЯВНО ЗАДАНИХ ФУНКЦІЙ.....	3
ГУБАР Ю. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАЦІЇ РІВНЯ ЦІН ТА ЇХ ДИНАМІКИ.....	7
ARSHAD YASHAR, FIRIDUN TAGHIYEV, BAHRUZ NURIYEV, IZZAT TALIBOV MONITORING AND CONDITION MAPPING FOR SUSTAINABLE USE OF SUMMER PASTURE	11
ПРИМАК Л. ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ДАНИХ ПРО РЕЛЬЄФ МІСЦЕВОСТІ В ПЛАНУВАННІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РАДІОЧАСТОТНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....	14
ЧЕТВЕРІКОВ Б. МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ГІС КОНЦЕНТРАЦІЙНИХ ТАБОРІВ НАЦИСТСЬКОЇ НІМЕЧЧИНИ ПЕРІОДУ 1941-1944 РОКІВ.....	17
ШЕВЧУК В., БУРШТИНСЬКА Х. МОНІТОРИНГ ЗМІН ПРИБЕРЕГОВОЇ ТЕРИТОРІЇ ЧАСТИНИ РІЧКИ ДНІСТЕР.....	21
ФЕДЧЕНКО О., ЛИТВИНЕНКО Н. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЦИФРОВИХ КАРТ ВИДАННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ СЛУЖБИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ.....	25
СТУПЕНЬ М., СТУПЕНЬ Н., РИЖОК З. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	27
СТУПЕНЬ Р., СТУПЕНЬ О. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	29
DOROSH L., GERA O. SATELLITE MONITORING OF THE MINING LEASE AREAS USING RADAR INTERFEROMETRY DATA.....	31
VALDAS URBANAVICIUS, ILONA URBANAVICIENE, PAVLO KALODIY SUPERVISED AND UNSUPERVISED APPLICATION OF CLASSIFICATION ON ORTHOPHOTOGRAPHIC MAPS.....	35
МАРУСАЖ Х., ГЛОТОВ В. РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ВИХОДІВ ЛЬОДОВИКІВ ОСТРОВІВ ГАЛІНДЕЗ ТА ВІНТЕР У 2018–2019 РОКАХ.....	40
БУРШТИНСЬКА Х., ПЕТРИК Ю., ДЕКАЛЮК Я. ВИКОРИСТАННЯ БПЛА З МЕТОЮ ВИБОРУ ТЕСТОВИХ ДІЛЯНОК ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЬОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ХВОЙНИХ ЛІСІВ.....	44
ТРЕВОГО І., ІЛЬКІВ Є., ГАЛЯРНИК М., СЕМКІВ Б. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК МЕЖОВИХ ЗНАКІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	49
НИЧВИД М. ДО ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ЗЕМЛЕВПОРЯДНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	53
ДАЦЕНКО Л. УЧАСТЬ ГРОМАДСЬКОСТІ У РОБОТІ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ: ГРОМАДСЬКА РАДА ПРИ ДЕРЖГЕОКАДАСТРІ	57

РІПЕЦЬКИЙ Є., КОРОБКОВ О. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕ ФОРМОВАНОГО СТАНУ НАДЗЕМНИХ ДІЛЯНОК ТРУБОПРОВІДІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПЛАНОВО-ВИСОТНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	61
ОЛІЙНИК М., БУБНЯК І. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ “ВІРТУАЛЬНЕ ГЕОЛОГІЧНЕ ВІДСЛОНЕННЯ”.....	63
ШЕВЧУК В., ОЗАРКІВ І., ЮРОВИЧ І. СТВОРЕННЯ ТУРИСТИЧНОЇ КАРТИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ.....	65
ТРЕВОГО І., ВОВК А., ЛІСНЯКОВ С. КУТОВІ ВИМІРЮВАННЯ ЦИФРОВИМИ ПРИЛАДАМИ.....	69
БУРАК К., ЛІСКО Б. ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ КООРДИНАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.....	71
ЯБЛІНСЬКИЙ Р., ЛОЗИНСЬКИЙ В. КАРТОГРАФУВАННЯ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ МІСТА ЛЬВОВА.....	75
ЛІТИНСЬКИЙ В., ТАРНАВСЬКИЙ В. РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ ЕЛЕКТРОННИМИ ТАХЕОМЕТРАМИ У РОЗРЯДНІЙ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	78
НАЗАРЕВИЧ Л., НАЗАРЕВИЧ А. СУЧАСНА ГЕОДИНАМІКА ТА СЕЙСМІЧНІСТЬ РАЙОНУ ДНІСТРОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА	80
УЛЬ А., МЕЛЬНИК О., ВОЛОШИН В., РУДИК О., СЛАЩУК А., ПОРУЧИНСЬКИЙ В. ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ РАДАРНИХ ДАНИХ ІЗ СИНТЕЗОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ДЕФОРМАЦІЙ.....	84
КОРОБКОВ О., ЗІБРОВСЬКИЙ А., ФЕНОШИН М. КАРТОГРАФУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І ПРИЛЕГЛОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА.....	86
КУЗИК З., ТУРЧИН Н., ЧЕТВЕРІКОВ Б. МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ ГІС СТРИЙСЬКОГО ПАРКУ У ЛЬВОВІ.....	88
КУБРАК О., СЕРАНТ О., ЯРЕМА Н., БАЛЯН А. ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ВІДБИВНИХ ПЛІВОК ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ НА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ОБ’ЄКТАХ	93
БУРАК К., МИХАЙЛИШИН В., ГРИНІШАК М. ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТНИХ ДЕФОРМАЦІЙ КОЛОВОЇ ПІДКРАНОВОЇ КОЛІЇ В РЕАКТОРНИХ ВІДДІЛЕННЯХ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ.....	95
СОСОНКА І. ОПРАЦЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЧАСОВИХ СЕРІЙ КООРДИНАТ РЕФЕРЕНЦІЙНИХ GNSS-СТАНЦІЙ УКРАЇНИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ IGPS	97
МЕЛЬНИК О., ВОЛОШИН В., МАНЬКО П., ВОЛОШИН М. ОЦІНКА ВИДОВОЇ СТРУКТУРИ ЛІСОВИХ МАСИВІВ ПІВДНЯ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РІЗНОЧАСОВИМИ ЗНІМКАМИ SENTINEL-2.....	101
СЕВРУК А., БАБІЙ Л. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС – ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УРБАНІЗАЦІЇ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО.....	105
ФЕДОРЧУК А. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОХИБОК НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ ВИСОКОТОЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО ТА GNSS-НІВЕЛЮВАННЯ.....	107

МАТИЩУК А., ГРИЦЮК Т., ПИЛИП'ЮК Р. ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ РЕГІОНАЛЬНИХ КАДАСТРІВ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ.....	109
ПИЛИП'ЮК Р., ПИЛИП'ЮК Р., ГРИЦЮК Т., МАТИЩУК А. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КООРДИНАТ РЕФЕРЕНЦНОЇ СТАНЦІЇ FRKV.....	111
ГУНІНА А., ГЛОТОВ В. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНОГО АЕРОЗНІМАННЯ.....	113
КОЛОДІЙ П. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ.....	115
ГЛОТОВ В., ГУНІНА А., КОЛЬ І., КОЛЕСНІЧЕНКО В., ТРЕВОГО І. ДОСЛІДЖЕННЯ БПЛА SETUS ДЛЯ ВИКОНАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО АЕРОЗНІМАННЯ.....	117
КОВТУН В. ВДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ РЕЗЕРВУАРІВ.....	121
ЛАПИЦЬКИЙ І. ПРОСТОРОВЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ РОЗМІЧУВАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З НАХИЛОМ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ.....	124
ПУЛЕКО І., ЧУМАКЕВИЧ В. ЗАСТОСУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ З ҐРУНТОВИМ ПОКРОВИМ З ВИКОРИСТАННЯ ЗНІМКІВ СИСТЕМИ LANDSAT-8.....	126
MARIUSZ GÓRAK AIR POLLUTION A FEATURE THAT AFFECTS THE VALUE OF REAL ESTATE.....	128
ЗАБЛОЦЬКИЙ Ф., САВЧУК С. ПРО ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЗЕНІТНИХ ТРОПОСФЕРНИХ ЗАТРИМОК ІЗ СПОСТЕРЕЖЕНЬ PPP-МЕТОДОМ З ДОПОМОГОЮ ОН-ЛАЙН СЕРВІСІВ ТА ПАКЕТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	130
КАРПІНСЬКИЙ Ю., КІНЬ Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХОДУ ВІД КАРТОМЕТРИЧНИХ ДО АНАЛІТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	134
ГОРКОВЧУК Ю., ГОРКОВЧУК Д., НЕСТЕРЕНКО О. ВІРТУАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ З НАВЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЯМ ДІГІТАЛІЗАЦІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СВІТУ VIRSCAN3D.....	138
ГРИЦЬКІВ Н., ЯЦІВ Х. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ БАЗОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТУРИСТИЧНОЇ ГАЛУЗІ	140
КАРПІНСЬКИЙ Ю., ЛАЗОРЕНКО-ГЕВЕЛЬ Н. СТВОРЕННЯ (ОНОВЛЕННЯ) ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ ОСНОВНОЇ ДЕРЖАВНОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ.....	143
ЧУМАКЕВИЧ В., ПТАШНИК В., ЧУМАКЕВИЧ В. ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОТЕХНІВЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНІ БУДІВНИЦТВА.....	147
ТРЕВОГО І., ІЛЬКІВ Є., ГАЛЯРНИК М., СЕМКІВ Б. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИГОТОВЛЕННЯ СУЧАСНИХ МЕЖОВИХ ЗНАКІВ ДРУГОГО ТА ТРЕТЬОГО ВИДІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ.....	150

САМОЙЛЕНКО О., АДАМЕНКО О. АВТОКОЛІМАЦІЙНИЙ ЕТАЛОННИЙ ПРИБІР ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ КУТІВ SEALINEZERO_STANDARD.....	153
КАБЛАК Н., КАЛИНИЧ І., НИЧВИД М., МАЛЬЧЕВСЬКИЙ А. НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D НІМАННЯ.....	156
БОЙКО О., КРЯЧОК С. ОНОВЛЕННЯ ДАНИХ ЄДИНОЇ ЦИФРОВОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ АЕРОПОРТУ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ.....	158
КРПІНСЬКИЙ Ю., ЛЯЩЕНКО А., МАКАРЕНКО Д. РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ: СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПРОБЛЕМИ.....	160
ПАЩЕТНИК О., РИЖОВ Є., ПАЩЕТНИК В. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ.....	164
ВАНКЕВИЧ П., ІВАНІК Є., ФЕДОРЕНКО В. СЕНСОРНО-ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ СИГНАЛІВ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ ПРО НЕБЕЗПЕКУ.....	167
ПЕТЛЮК І., КОЗЛИНСЬКИЙ М., ОЛІЯРНИК Б., САМАРА С., ПЕТЛЮК О. ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ У СПЕЦІАЛЬНИХ ТА НАРОДНОГОСПОДАРСЬКИХ ЦІЛЯХ	169
РУДКОВСЬКИЙ О. СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ СНАЙПЕРСЬКОЇ ОПТИКИ	172
ПЕТЛЮК І., АБОРІН В., ЗУБКОВ А., БУДАРЕЦЬКИЙ Ю., САМАРА С. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОГО ГЕОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ.....	176
БУДАРЕЦЬКИЙ Ю., РУДЕНКО О., АНДРЕЄВ І., БЕНЦАЛО Л. СИСТЕМИ ГЕОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМНОГО ПОЛОЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАСУ РУХУ В КОЛОНАХ.....	178
КІЗЛО Л., ТРОЦЕНКО О., ВІЛЬГУШ Д. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ВЕЛИКИХ МІСТ В УКРАЇНІ.....	182
ЩАВІНСЬКИЙ Ю., КУЗНЕЦОВ В., ЩЕРБА А., НІКОЛАЄВ С., КОЗЛИНСЬКИЙ М. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОМПЛЕКСНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛАХ.....	186
РАДЗІКОВСЬКИЙ С., СЕРЕДЕНКО М. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇЇ ДАНИХ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ.....	189
ПЕТЛЮК І., ВОЛОЧІЙ Б., АБОРІН В., ОЛІЯРНИК Б., ШКІЛЮК О. ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОВЕДІНКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	193
ЦИБУЛЯ С., РОЩИН В., САВРУН Б. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МІННИХ ТРАЛІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТА СПОСОБІВ ПОДОЛАННЯ МІННО – ВИБУХОВИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ	199

КОСТЮК В., РУСІЛО П., КАЛІНІН О., БАГАН В., ВАРВАНЕЦЬ Ю. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БОЙОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БРОНЕТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ ТА ТЕХНІКИ І ПІДГОТОВКИ ЕКІПАЖІВ БОЙОВИХ МАШИН МЕХАНІЗОВАНИХ І ТАНКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ СВ ЗС УКРАЇНИ.....	203
ОБОРНЄВ С. СТВОРЕННЯ НАДІЙНОЇ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ВЗАЄМОДІЇ ПІДРОЗДІЛІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ РОЗМІЩЕННІ НА МІСЦЕВОСТІ.....	208
ЗУБКОВ А., ПЕТЛЮК І., ЩЕРБА А., ПРУДІУС І., МИРОНЮК С. БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИЙ ЛОКАЦІЙНИЙ ГЕОМОНІТОРИНГ У СПЕЦІАЛЬНИХ І НАРОДНОГО-СПОДАРСЬКИХ ЗАСТОСУВАННЯХ.....	214
ЗУБКОВ А., ЮНДА В., КРАСНИК Я., МАРТИНЕНКО С., ПАВЛЕНКО В. САМОНАВЕДЕННЯ РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ.....	217
ОБОРНЄВ С., ФЕДОРЕНКО В. АВТОНОМНІ ПОЛЬОВІ ТАБОРИ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ВІЙСЬК	221
ЦИБУЛЯ С., АБОРІН В., КОЦЮРУБА В. ФІКСАЦІЯ ТА ОБЛІК ІНЖЕНЕРНИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ ОСНОВА ПРОТИМІННОГО ЗАХИСТУ ВІЙСЬК.....	224
КЛИМОВИЧ О., ЛАВРУТ О., ЛАВРУТ Т., ГРАБЧАК З. ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ «СЛАВУТИЧ» ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (СИЛАМИ)	228
ФЛИС І., ЩАВІНСЬКИЙ Ю., КОЗЛОВЕЦЬ В., РУДЕНКО О., ЩЕРБА А. ІДЕНТИФІКАЦІЯ КООРДИНАТ ЦІЛІ ТА КОРЕГУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ З ДОПОМОГОЮ БПАК.....	232
ЦИЦИК М., ЗУБКОВ А., ІЛЬНИЦЬКИЙ І., СЕРЕДЕНКО М., СІРИЙ Ю. АДАПТИВНА СИСТЕМА МНОГОСПЕКТРАЛЬНОГО ГЕОМОНІТОРИНГУ.....	236
ДЕГТЯРЕНКО В., ВАНКЕВИЧ П., ІВАНІК Є. РОЗПІЗНАВАННЯ ЖИВОЇ СИЛИ, ЕЛЕМЕНТІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....	239
ОЛІЙНИК М., БАХМАТ М. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОХИБОК ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ТА БАЛІСТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ НА ТОЧНІСТЬ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ.....	244
ЖИВЧУК В., ПОЛІЩУК Л., ЩЕРБА А., КОЛЬ І., ПАЩЕТНИК О. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ WEB-ГІС ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВІЙСЬКОВИХ АСПЕКТІВ ПОГОДИ.....	248

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕРІАЛИ
25-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-
ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
« ГЕОФОРУМ-2020 »**

**1–3 квітня 2020р.,
Львів–Яворів–Брюховичі, Україна**

Режим доступу:
<http://zgt.com.ua/мнтк-геофорум-3-2-2-2-2/>

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013
тел. +380 32 2582146, факс +380 32 2582136
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua