DOI: 10.25140/2411-5363-2023-4(34)-255-264
УДК 528.489

Володимир Стадніков[1], Наталія Ліхва[2], Олена Константінова[3], Анатолій Колосюк[4]

[1]кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри геодезії та землеустрою
Одеська державна академія будівництва і архітектури (Одеса, Україна)
E-mail: stadnikov_ht@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-2479-9780

[2]старший викладач кафедри геодезії та землеустрою
Одеська державна академія будівництва і архітектури (Одеса, Україна)
E-mail: likhva_n@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-6656-5766

[3]кандидат економічних наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою
Одеська державна академія будівництва і архітектури (Одеса, Україна)
E-mail: ztk.conference@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-9336-9215

[4]кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії та землеустрою
Одеська державна академія будівництва і архітектури (Одеса, Україна)
E-mail: kaa@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-7220-4772

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ СТВОРЕННІ (ОНОВЛЕННІ) ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ МАСШТАБУ 1:25000

Мета цієї роботи – дослідження актуальної методології створення цифрової версії номенклатурного аркуша масштабу 1:25000 на основі аерокосмічних даних із застосуванням сучасного програмного забезпечення для формування єдиної Бази топографічних даних масштабу 1:25000. Автори досліджують процеси створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50000, щоб сформувати єдину базу даних топографічних карт масштабу 1:25000. Результати дослідження підтверджують, що використання геоінформаційних технологій і автоматизації процесів може забезпечити актуальну базу топографічних даних, яка важлива для різних сфер, покращуючи планування та реалізацію проектів. У створеній базі топографічних даних масштабу 1:25000 враховуються функціональні можливості поетапної векторизації, критерії відбору, правила топологічних відносин та автоматизований контроль якості з використанням сучасних геоінформаційних технологій.

Ключові слова: *база топографічних даних; топографічна карта; цифрова карта; геоінформаційні технології; ArcGIS; оновлення топографічних карт; номенклатурний аркуш; аерофотознімання місцевості; векторизація; геообробка.*

Рис.: 4. Бібл.: 17.

Актуальність теми дослідження. Одним із пріоритетних напрямів розвитку сфери топографо-геодезичної і картографічної діяльності в Україні є створення, оновлення, зберігання та використання широким колом користувачів картографічної продукції.

Незважаючи на прийняття низки нормативно-правових актів, в Україні фактично відсутні актуальні державні топографічні карти у повному масштабному ряді оскільки роботи із загальнодержавного топографічного картографування території всієї країни довго не здійснювали. Станом на сьогодні переважна більшість топографічних карт всього масштабного ряду катастрофічно застаріла, не відповідає актуальному стану місцевості та потребує термінового оновлення. За статистикою лише 29,7 % топографічних карт було створено та оновлено в період 1991-2023 рр., тоді як 70,3 % карт було створено ще за часів СРСР та не підлягало оновленню взагалі. Загальні засади створення та оновлення топографічних карт та планів в Україні передбачають приведення їх змісту у відповідність до сучасного стану місцевості та вимог діючих нормативно-правових актів на основі актуальних матеріалів аерофотозйомки чи космічної зйомки не рідше ніж раз на 5 років [1]. Слід зазначити, що зазначена картографічна продукція є важливим ресурсом для різних галузей, включаючи містобудування, землеустрій та навігацію.

Постановка проблеми. Розробленням та застосуванням практичних методологічних підходів до створення цифрових топографічних карт займаються провідні картографи та ГІС-інженери України в складі науково-дослідних інститутів та компаній з надання картографічних послуг, таких як Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, ТОВ «Геонікс», ТОВ «Архізем» тощо.

© Володимир Стадніков, Наталія Ліхва, Олена Константінова, Анатолій Колосюк, 2023

Для забезпечення умов уніфікації підходів до створення топографічних карт в Україні розроблено систему нормативно-правових актів. Насамперед при дослідженні використовуються Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000, Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000, Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування», що визначають склад, зміст, порядок створення топографічних карт та перелік відповідної атрибутивної інформації [2-6].

Основою дослідження є аналіз можливостей застосування теоретичних та практичних підходів до покращення топографічних карт, вибору методів векторизації, застосування інструментів швидкого редагування та геообробки даних, забезпечення здійснення системи перевірок номенклатурного аркуша та автоматичного контролю і оцінки якості векторизації шляхом використання геоінформаційних технологій програмного забезпечення ArcGIS.

Метою дослідження є наліз та оцінка ефективності використання геоінформаційних систем (ГІС) у процесах створення та оновлення цифрових топографічних карт масштабу 1:25000.

Виклад основного матеріалу. Розроблена база топографічних даних масштабу 1:25000 інтегрує процеси послідовної векторизації топографічних елементів, використовуючи визначені критерії відбору та правила топологічних взаємозв’язків об’єктів у цифрових топографічних картах. Також вона обладнана системою автоматичного контролю якості оновлення цифрових топографічних карт, що базується на сучасних геоінформаційних технологіях.

Актуалізовані цифрові топографічні карти масштабу 1:25000 слугують фундаментом для розробки уніфікованої Бази топографічних даних цього масштабу. У процесі їх створення чи оновлення важливо дотримуватися принципів уніфікації та однозначності при ідентифікації топографічних об’єктів, а також застосувати правила топологічних взаємин між об’єктами. Важливо забезпечити узгодженість характеристик та топонімів, відображених на цих картах, з іншими топографічними картами різних масштабів, зокрема з Основною топографічною картою масштабу 1:50000, розробленою в межах українсько-норвезького проєкту «Карти для ефективного управління земельними ресурсами в Україні» [7].

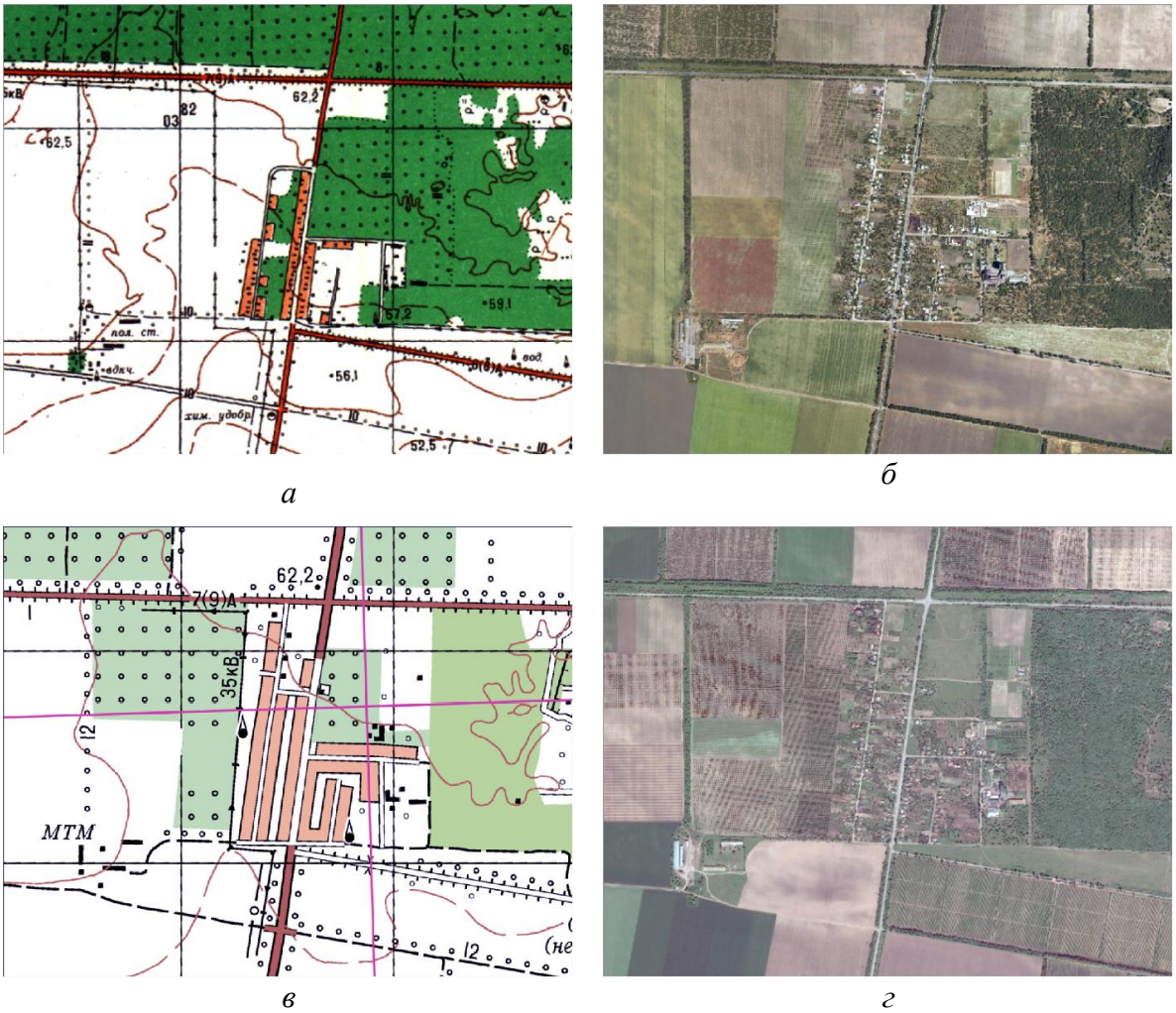
Процес створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000 включає наступні ключові етапи [6, 8]:

1. Збір референтних, додаткових даних та матеріалів.
2. Обробка та підготовка референтних, додаткових даних і матеріалів.
3. Розробка еталонної моделі цифрових топографічних карт масштабу 1:25000.
4. Векторизація (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000 згідно з установленою методологією.
5. Збирання довідкових, додаткових даних і матеріалів.
6. Підготовка довідкових, додаткових даних і матеріалів.
7. Створення еталонної моделі цифрових топографічних карт масштабу 1:25000.
8. Векторизація (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000 відповідно до визначеної методології.
9. Багаторівнева система перевірок якості векторизації, перегляд картографічними редакторами, виправлення помилок.
10. Оцінка точності кожного номенклатурного аркуша масштабу 1:25000.

11. Зведення суміжних номенклатурних аркушів, створення єдиної бази даних.

12. Передача бази даних до Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру для подальшого використання та друку тиражних відбитків.

Практичне виконання робіт з оновлення топографічних карт базується на онові таких матеріалів, як: база геоданих у форматі *.gdb; прив'язаний тиражний відбиток карти масштабу 1:25000 у форматі *.tif 1970-1990 рр. ортофотоплан на територію знімання у форматі *.tif 2006-2012 рр тиражний відбиток масштабу 1:50000 (проєкт «Карти для сприяння належному управлінню землями в Україні») 2022-2023 рр., актуальний космознімок у форматі *.tif; 2023 р., довідкові матеріали: база даних (географічні назви), схема залізниць, автодороги України, «Умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:25000 - 1:100000», умовні скорочення, які вживаються на топографічних картах масштабу 1:25000 тощо [9]. Графічне представлення вихідних даних в розрізі проведеного дослідження наведено на рис. 1.



а *б*

в *г*

Рис. 1. Фрагменти вихідних матеріалів у розрізі проведеного дослідження: а – прив'язаний тиражний відбиток карти масштабу 1:25000 1970-1990 рр., б – ортофотоплан на територію знімання 2006-2012 рр., в – тиражний відбиток масштабу 1:50000 2022-2023 рр., г – актуальний космознімок 2023 р. [10]

Відповідно до нормативних вимог при створенні топографічних карт масштабу 1:25000 допустимі максимальні похибки у плановому положенні об'єктів становлять: для твердих контурів 0,12 мм на карті (3м на місцевості), для нечітких контурів 1 мм на карті

(25 м на місцевості). Особливості пошарового оновлення елементів на топографічній карті включають ряд важливих аспектів, що стосуються різних шарів інформації. Будівлі, які були повністю або частково зруйновані, вже не підлягають векторизації.

Нові житлові будинки або житлові масиви потребують додаткової векторизації для їх відображення на карті. При векторизації будівель враховується їхня просторова локалізація, розрізняючи точкові та полігональні будівлі. Полігональні об'єкти відображаються, якщо будь-яка сторона будівлі перевищує розмір точкового умовного знаку на величину похибки, тобто 3 метри. Квартали векторизують заново з урахуванням змін у забудові. При цьому промислові та соціально-культурні об'єкти не враховуються [11].

Межі населених пунктів редагуються відповідно до актуальної форми всіх кварталів та вулиць, які входять до територіального складу населених пунктів. Назви населених пунктів оновлюються відповідно до актуальної україномовної бази географічних назв. Місцеположення, тип автомобільних доріг, тип покриття та ширина покриття дешифруються згідно з аерофотознімання місцевості. Класи та номери автодоріг міжнародного/державного/регіонального значення додаються відповідно до актуальної бази даних «Автодороги України». Форма та місцерозташування елементів гідрографії редагуються з урахуванням часових змін на основі аерофотознімання місцевості. Назви замінюються відповідно до актуальної україномовної бази географічних назв. Виділення полігональних, лінійних та точкових елементів рослинності відбувається на основі актуального використання території з дотриманням правил генералізації інформації на топографічних картах [12]. Місцеположення та конструктивні особливості промислових, сільськогосподарських та соціально-культурних об'єктів дешифруються згідно з аерофотознімання місцевості, а функціональне використання визначається на основі актуальних довідкових даних. Підписи додаються на карту.

Форми рельєфу переносяться з тиражного відбитку попередніх років та актуалізуються на основі аерофотознімання місцевості. Горизонталі топологічно узгоджуються з іншими формами рельєфу та елементами гідрографії. Додатково наносяться промоїни, яри та обриви за результатами дешифрування. Зазначені особливості пошарового оновлення елементів на топографічній карті є важливими для забезпечення актуальності та точності геопросторових даних. Вони дозволяють враховувати зміни, які відбуваються в реальному світі та забезпечують користувачів актуальною та достовірною інформацією на топографічних картах. Під час процесу пошарової векторизації елементів на топографічній карті, широко використовуються функціональні можливості програмного забезпечення ArcGIS для виконання редагування та геообробки даних. Наприклад для спрощення побудови полігонального шару вулиць виконують наступні кроки: векторизація осьової лінії вулиці, послідовне застосування функцій, які включають в себе операції Буферизації (Buffer), з визначенням ширини буферу в залежності від типу вулиці, об'єднання буферів (Merge) та перетворення мультиоб'єктв у простий (MultipartToSinglepart). Отримані полігони піддаються редагуванню за допомогою інструменту Reshape Feature з метою відображення вулиць відповідно до фасадів будівель в міських населених пунктах, а також вздовж переднього краю присадибних ділянок, переважно в сільських населених пунктах [11, 13].

Для ефективної векторизації полігонального шару квартали застосовують наступні кроки: векторизація направляючої лінію вздовж контуру шару вулиць, створення полігонального шару кварталів шляхом відбиття буферів потрібної ширини або шляхом використання інструменту Trace із зазначенням відповідного відступу (параметр Offset).

Точкові будівлі орієнтуються відповідно до їх розташування на місцевості за допомогою інструмента швидкого копіювання Copy Feature.

При векторизації ліній електропередач, стовпи в вершинах створюють за допомогою функції FeatureVerticesToPoints та орієнтують їх відносно ліній ЛЕП.

Усі інші точкові, лінійні та полігональні об'єкти, які підлягають відображенню на топографічній карті, векторизують з використанням функцій ручного збору, Trace (Ofset), Reshape Feature з врахуванням умов генералізації та топологічної узгодженості елементів векторизації.

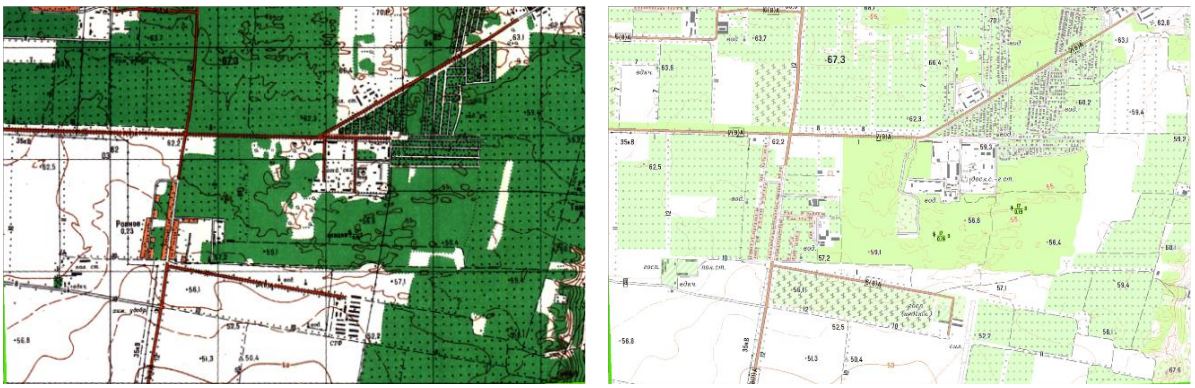
У програмному середовищі ArcGIS існує низка особливостей, пов'язаних із використанням правил топології, які допомагають у забезпеченні якості та коректності векторизації просторових об'єктів. Правила топології можуть бути застосовані до просторових об'єктів того самого класу або до відношень між просторовими об'єктами різних класів, що дозволяє визначати зв'язки та взаємодії між різними видами геоданих, враховують топографічний код кожного просторового об'єкта. та можуть враховувати атрибутивні дані просторових класів [14].

На додаток до вищезазначених особливостей, існують різноманітні види топологічних відношень, які можуть бути послідовно використані для всіх необхідних шарів векторизації, наприклад в ArcGIS основними видами таких топологічних відношень є [10, 15]:

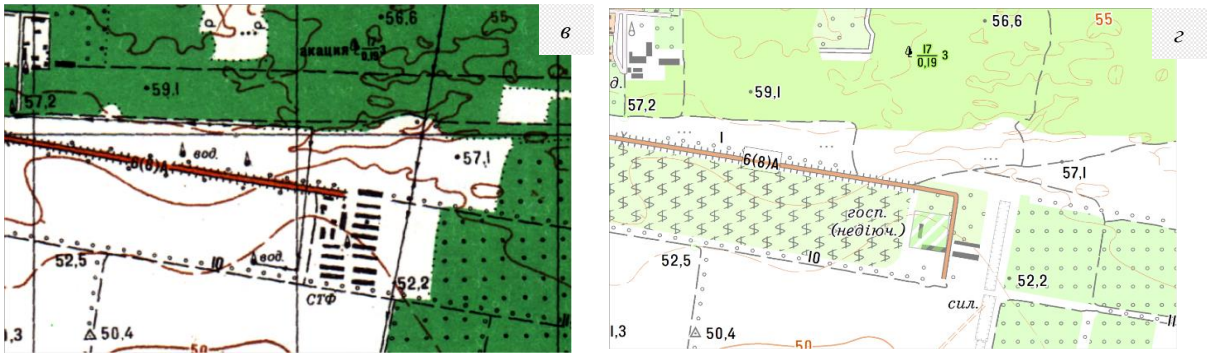
1. Розміри мають перевищувати кластерний поріг.
2. Не можуть перекриватися.
3. Не можуть мати порожнеч.
4. Не повинні перекриватися з іншими.
5. Мають бути покриті об'єктами з іншого класу.
6. Повинні бути відокремлені.
7. Не повинні перекриватися самі з собою.
8. Не повинні перетинатися самі з собою.
9. Повинні бути в межах інших об'єктів.
10. Межі мають бути в межах інших об'єктів.
11. Не повинні містити вільно висячих вузлів.

Застосування цих правил дозволяє ефективно контролювати процес створення, оновлення та редагування просторових об'єктів, забезпечуючи врахування топологічних характеристик, а також атрибутів просторових класів.

Фрагмент оновленого номенклатурного аркуша з використанням наведеної методології векторизації із забезпеченням умов топологічної узгодженості просторових об'єктів наведено на рис. 2.



а *б*



в *г*

Рис. 2. Фрагменти оновленого номенклатурного аркуша:
а, в – прив'язаний тиражний відбиток карти масштабу 1:25000 1970-1990 рр.,
б, г – цифровий топографічний план масштабу 1:25000 2023 р. [10]

Якість оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:25000 перевіряється в декілька етапів картографом та картографічним редактором, використовуючи програмне забезпечення ArcGIS [16].

Перший етап передбачає візуальний самоконтроль картографа на номенклатурному аркуші. Під час цього етапу проводиться перегляд усіх базових растрових матеріалів. Також перевіряється повнота та правильність заповнення атрибутивної інформації відповідно до Класифікатора. Другий етап включає автоматичний контроль основних помилок векторизації на номенклатурному аркуші шляхом створення системи топологічних відношень між шарами топографічної інформації. Після усунення всіх помилок топології номенклатурний аркуш передається на перевірку картографічному редактору [17].

Третій етап виконує картографічний редактор, який проводить візуальний та автоматичний контроль якості номенклатурного аркуша, включаючи перевірку всіх елементів змісту та оформлення для забезпечення однотипності кодування та векторизації об'єктів (рис. 3).

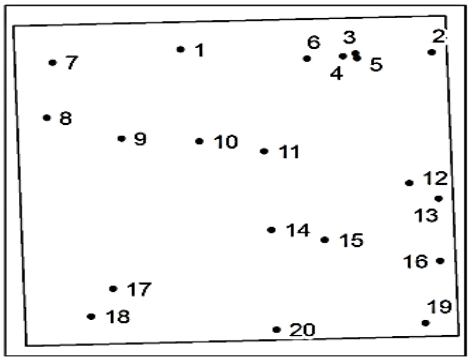
3. Перегляд по атрибутивним таблицям (УМОВА: перегляд кожного елементу в кожній таблиці), в якості підложки космознімок, всі умовні скорочення без пробілів			
1_point	Пункт ДГМ	Місцерозташування	на кургані/інший випадок +анотація висоти
	Позначки висот	Місцерозташування, абсолютна висота	біля орієнтиру (на перехрестях, на трубах, на опорах)/на кургані + якщо поруч з перехрестями та елементами векторизації - перемістити
	Пункти нівелірної мережі	Місцерозташування, абсолютна висота	
	Позначки висот +горизонталі		узгодження горизонталей та позначок висот поруч
23_point	Курган	походження, відносна висота	умовний знак (не горб)
	Бергштрихи		наявність по 25000, на потовщених горизонталях - потовщені
31_point	Водосховище	Умовні скорочення	
33_point			
34_point	Колодязі	стан, умовні скорочення за наявності	+анотація
35_point	Характеристика рік та каналів	ширина+глибина+характер грунту+умовні скорочення	+анотація
36_point	Уріз води	Абсолютна висота	+анотація
42_point	Окремі двори		Перегляд актуальності по космо та необхідності
	Будівлі зруйновані	умовне скорочення руїни	Переглянути актуальність по космо+додати анотацію вручну
	Будівлі цільнозабудовані		Можна комплексно перевірити при перевірці кварталів

Рис. 3. Фрагмент таблиці контролю пошарової векторизації номенклатурного аркуша масштабу 1:25000

Джерело: сформовано авторами.

На четвертому етапі, після усунення всіх зауважень, картограф проводить оцінку точності векторизації номенклатурного аркуша, за результатами складає звіт (рис. 4).

Оцінка точності оновленої цифрової топографічної карти



№ п/п	Хцтк	Yптк	Хорт	Yорт	ΔXi	ΔYi	ΔX²i	ΔY²i	Похибка
1	5207213.15	684244.59	5207212.84	684244.74	0.31	-0.15	0.1	0.02	0.35
2	5207137.68	689777.19	5207138.17	689776.98	-0.49	0.21	0.24	0.04	0.53
3	5207104.34	688088.44	5207104.8	688089.99	-0.46	-1.55	0.21	2.4	1.62
4	5207027.46	687814.82	5207026.91	687814.82	0.55	0.0	0.3	0.0	0.55
5	5206969.01	688125.71	5206968.49	688126.4	0.52	-0.69	0.27	0.48	0.87
6	5206958.25	687022.26	5206957.48	687023.4	0.77	-1.14	0.59	1.3	1.37
7	5206843.11	681431.26	5206843.54	681432.49	-0.43	-1.23	0.18	1.51	1.3
8	5205240.9	681297.15	5205242.61	681297.22	-1.71	-0.07	2.92	0.0	1.71
9	5204644.45	682942.96	5204643.54	682942.26	0.91	0.7	0.83	0.49	1.15
10	5204562.39	684661.54	5204562.76	684661.52	-0.37	0.02	0.14	0.0	0.37
11	5204271.2	686086.01	5204270.3	686085.43	0.9	0.58	0.81	0.34	1.07
12	5203356.63	689273.17	5203356.45	689271.94	0.18	1.23	0.03	1.51	1.24
13	5202911.12	689915.95	5202910.15	689916.36	0.97	-0.41	0.94	0.17	1.05
14	5202003.08	686242.23	5202002.72	686242.52	0.36	-0.29	0.13	0.08	0.46
15	5201714.88	687415.09	5201713.8	687414.89	1.08	0.2	1.17	0.04	1.1
16	5201098.8	689959.63	5201100.27	689961.16	-1.47	-1.53	2.16	2.34	2.12
17	5200301.33	682755.55	5200299.76	682755.35	1.57	0.2	2.46	0.04	1.58
18	5199497.68	682280.55	5199498.07	682281.16	-0.39	-0.61	0.15	0.37	0.72
19	5199310.06	689638.59	5199307.96	689638.07	2.1	0.52	4.41	0.27	2.16
20	5199119.18	686359.84	5199118.54	686360.73	0.64	-0.89	0.41	0.79	1.1
∑					5.54	-4.9	18.45	12.19	22.42
					Mx =	0.96	м		
					My =	0.78	м		
Середня квадратична похибка положень контрольних точок цифрової топографічної карти					Ms =	1.24	м		

Рис. 4. Звіт з проведення оцінки точності векторизації номенклатурного аркуша масштабу 1:25000

Джерело: сформовано авторами.

Готові оновлені топографічні карти підлягають зведенню по суміжних номенклатурних аркушах, в результаті якого формується єдина база топографічних даних масштабу 1:25000.

В подальшому база топографічних даних передається для використання до Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру для подальшого використання.

Висновки. У ході дослідження аналізу підлягали можливості застосування теоретичних та практичних підходів для оновлення топографічних карт, вибір методів векторизації та застосування інструментів обробки геоінформаційних даних. Зокрема, було розглянуто систему перевірок та автоматичного контролю якості векторизації з використанням програмного забезпечення ArcGIS.

Авторами представлено практичний приклад оновлення топографічної карти масштабу 1:25000 за допомогою геоінформаційних технологій, що базується на даних аерофотознімання та космічного знімання місцевості.

Дослідження також охопило методологічні особливості процесу векторизації, рівень деталізації та повноту атрибутивної інформації, а також питання топологічної узгодженості та консистентності даних.

В результаті можна зробити висновок, що використання геоінформаційних технологій та автоматизації процесів може сприяти створенню актуальної бази топографічних даних масштабу 1:25000 та її подальшому використанню для потреб різних галузей.

Список використаних джерел

1. Лазоренко-Гевель, Н. Особливості створення (оновлення) цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти / Н. Лазоренко-Гевель, Ю. Карпінський, Д. Кінь // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2021. – № 1(41). – С. 113-122.

2. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність [Електронний ресурс] : Закон України від 23.12.1998 року № 353-XIV. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text.

3. Про національну інфраструктуру геопросторових даних [Електронний ресурс] : Закон України від 13.04. 2020 р. № 554-IX. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text.

4. 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 [Електронний ресурс] : затв. нач. Гол. управ. геодез., картограф. та кадастру при Кабінеті Міністрів України 1998 р. і погодж. з нач. Центр. топограф. управ. Ген. штабу ЗСУ. – Режим доступу: https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-standart/[standards][topography][1998]-klasyfikator-topohrafichnoi-informatsii-10000.pdf.

5. Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 04.09.2013 р. № 661. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF#Text.

6. Геофізичний моніторинг [Електронний ресурс] / Інститут геофізики НАН України. – Режим доступу: http://www.igph.kiev.ua/ukr/geomon.html.

7. Розробка методики створення і оновлення картографічної основи з використанням космічних знімків від супутників «SUPER VIEW-1» / С. Вертегел, В. Вишняков, В. Гуреля, С. Сластін, О. Піскун, С. Харченко, В. Мороз // Екологічна безпека та природокористування. – 2022. – № 41(1). – С. 89–101. DOI: https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101.

8. Македон, В. В. Факторні складові цифровізації глобальної економіки та макроекономічних систем країн світу / В. В. Македон, А. В. Чабаненко // Ефективна економіка. – 2022. – № 1. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11.

9. Chabaniuk V. Critical properties of modern geographic information systems for territory management / V. Chabaniuk, K. Polyvach // Cybernetics and Computer Engineering. – 2020. – № 3(201). – P. 5-32. DOI:10.15407/kvt201.03.005.

10. ArcGIS Desktop 10.8.x system requirements. System Requirements Documentation [Electronic resource]. – Access mode: https://desktop.arcgis.com/en/system-requirements/latest/arcgis-desktop-system-requirements.htm.

11. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.

12. Іщук, О. О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : навч. посіб. 142 Фотограмметрія, геоінформаційні системи та картографія / О. О. Іщук, М. М. Коржнев, О. Є. Кошляков ; за ред. Д. М. Гродзинського. – Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 200 с.

13. Македон, В. В. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств / В. В. Македон, О. О. Байлова // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». – 2023. – Вип. 47. – С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.

14. Карпінський, Ю. О. Системна модель топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних в Україні / Ю. О. Карпінський, Н. Лазоренко-Гевель // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2020. – Вип. 92. – С. 24-36.

15. Стадніков, В. Сучасні технології геопросторового аналізу під час планування міської території / В. Стадніков, Н. Ліхва, О. Константінова // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2023. – № 45. – С. 135-145.

16. Villanueva, J. K. S. Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SFM) / J. K. S. Villanueva, A. C. Blanco // The International Archives of Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2019. – № 42. – Pp. 167-174. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019.

17.Interferometric phasereconstruction based on probability generative model / Y. Wang, K. Zhang, F. Gong, J. Mu, S. Liu // Toward efficient analysis of high-dimensional SAR stacks. Remote Sensing. – 2021. – №13(12). – P. 2369. DOI: https://doi:10.3390/rs13122369.

References

1. Lazorenko-Hevel, N., Karpinskyi, Y., Kin, D. (2021). Osoblyvosti stvorennia (onovlennia) tsyfrovykh topohrafichnykh kart dlia formuvannia osnovnoi derzhavnoi topohrafichnoi karty [Features of creating (updating) digital topographic maps for the formation of the main state topographic map. *Modern achievements of geodetic science and production, I (41),* 113-122.

2. Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist [On topographical, geodetic and cartographic activities], Law of Ukraine № 353-XIV (December 23, 1998).

3. Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh [On the National Infrastructure of Geospatial], Law of Ukraine № 554-IX (April 13, 2020).

4. Classifier of information displayed on topographic maps of scales 1:10,000, 1:25,000, 1:50,000, 1:100,000, 1:200,000, 1:500,000, 1:1000,000 [Klasyfikator informatsii, yaka vidobrazhaietsia na topohrafichnykh kartakh masshtabiv 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000], approved by Head of the Main Department of Geodesy, Cartography and Cadastre under the Cabinet of Ministers of Ukraine in 1998 and later. with the head of the Central Topographic Department of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine.

5. Pro zatverdzhennia Poriadku zahalnoderzhavnoho topohrafichnoho i tematychnoho kartohrafuvannia [On approval of the Procedure for nationwide topographic and thematic mapping], Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 661 (September 4, 2013).

6. *Instytut heofizyky NAN Ukrainy [Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine]*. (n.d.). Heofizychnyi monitorynh [Geophysical monitoring]. http://www.igph.kiev.ua/ukr/geomon.html.

7. Vertegel, S., Vyshnyakov, V., Gurelia, V., Slastin, S., Piskun, O., Kharchenko, S., & Moroz, V. (2022). Rozrobka metodyky stvorennia i onovlennia kartohrafichnoi osnovy z vykorystanniam kosmichnykh znimkiv vid suputnykiv «SUPER VIEW-1» [Development of the methodology for creating and updating the cartographic base using space images from the "SUPER VIEW-1" satellites]. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia – Environmental Security and Nature Management, 41*(1), 89–101. https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101.

8. Makedon, V., Chabanenko, A. (2022). Faktorni skladovi tsyfrovizatsii hlobalnoi ekonomiky ta makroekonomichnykh system krain svitu [Factor components of digitalization of the global economy and macroeconomic systems of countries]. *Efektyvna ekonomika – Effective economics, 1.* DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11.

9. Chabaniuk, V., Polyvach, K. (2020). Critical properties of modern geographic information systems for territory management. *Cybernetics and Computer Engineering, 3(201),* 5–32. DOI:10.15407/kvt201.03.005.

10.ArcGIS Desktop 10.8.x system requirements. System Requirements Documentation. (2022). https://desktop.arcgis.com/en/system-requirements/latest/ arcgis-desktop-system-requirements.htm.

11.Zatserkovny, V.I., Burachek, V.G., Zheleznyak, O.O., Tereshchenko. A.O. (2014). *Heoinformatsiini systemy i bazy danykh [Geoinformation systems and databases]*. NSU named after M. Gogol.

12.Ishchuk, O.O., Korzhnev, M.M., Koshlyakov, O.E., Grodzinsky D. M. (Ed.). (2003). *Spatial analysis and modeling in GIS: training. 142 Photogrammetry, geoinformation systems and cartography manual [shchuk, O. O. Prostorovyi analiz i modeliuvannia v HIS: navch. posib. 142 Fotohrammetriia, heoinformatsiini systemy ta kartohrafiia]*. Kyiv University Publishing and Printing Center.

13.Makedon, V.V., Bailova, O.O. (2023). Planuvannia i orhanizatsiia vprovadzhennia tsyfrovykh tekhnolohii v diialnist promyslovykh pidpryiemstv [Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Seriia «Ekonomichni nauky» – Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences", 47,* 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.

14.Karpinskyi, Yu.O., Lazorenko-Hevel, N. (2020). Systemna model topohrafichnoho kartohrafuvannia v natsionalnii infrastrukturi heoprostorovykh danykh v Ukraini [System model of topographic mapping in the national infrastructure of geospatial data in Ukraine]. *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia – Geodesy, cartography and aerial photography, 92,* 24–36.

15.Stadnikov, V., Lihva, N., Konstantinova, O. (2023). Suchasni tekhnolohii heoprostorovoho analizu pid chas planuvannia miskoi terytorii [Modern technologies of geospatial analysis during urban planning]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodetic science and production, I(45),* 135-145.

16.Villanueva, J.K.S., Blanco, A.C. (2019). Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SFM). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42,* 167–174. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019.

17.Wang, Y., Zhang, K., Gong, F., Mu, J., Liu, S. (2021). Interferometric phase reconstruction based on probability generative model: Toward efficient analysis of high-dimensional SAR stacks. *Remote Sensing, 13(12),* 2369. https://doi:10.3390/rs13122369.

Отримано 28.10.2023

UDC 528.489

Volodymyr Stadnikov[1], Nataliia Likhva[2], Olena Konstantinova[3], Anatolii Kolosiuk[4]

[1]PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Geodesy and Land Management
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa, Ukraine)
E-mail: stadnikov_ht@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-2479-9780

[2]Senior Lecturer at the Department of Geodesy and Land Management
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa, Ukraine)
E-mail: likhva_n@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-6656-5766

[3]PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Geodesy and Land Management
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa, Ukraine)
E-mail: ztk.conference@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-9336-9215

[4]PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geodesy and Land Management
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa, Ukraine)
E-mail: kaa@odaba.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-7220-4772

EXPERIENCE IN USING GIS TECHNOLOGIES IN CREATING (UPDATING) DIGITAL TOPOGRAPHIC MAPS ON A SCALE OF 1:25000

The purpose of this work is to research the actual methodology of creating a digital version of the nomenclature sheet on a scale of 1:25000 based on aerospace data using modern software for the formation of a single database of topographic data on a scale of 1:25000. The basis of the study is the analysis of the possibilities of applying theoretical and practical approaches to the updating of topographic maps, the selection of vectorization methods, the use of tools for quick editing and geoprocessing of data, ensuring the implementation of a system of checks of the nomenclature sheet and automatic control and assessment of the quality of vectorization by using geoinformation technologies of the ArcGIS software. The article discusses the importance of research aimed at creating and updating electronic topographic maps of Ukraine. The authors investigate the processes of creating (updating) digital topographic maps on a scale of 1:50000 in order to form a single database of topographic maps on a scale of 1:25000. The key stages of creating (updating) electronic topographic maps on a scale of 1:25000 for Ukraine are described. Using the ArcGIS program, a practical example of updating a topographic map of scale 1:25000 was developed, based on the application of geoinformation technologies, the use of scanned paper maps, recent aerial photographs and satellite images. Methodological aspects of vectorization, detailing, completeness of attributive information, topological consistency and consistency of data, as well as features of automated quality control of updated electronic topographic maps are analyzed. The results of the study confirm that the use of geoinformation technologies and process automation can provide an up-to-date topographic data base that is important for various fields, improving project planning and implementation. The created base of topographic data on a scale of 1:25000 takes into account the functionality of step-by-step vectorization, selection criteria, rules of topological relationships, and automated quality control using modern geoinformation technologies.

Key words: *Topographic database; topographic map; digital map; geo-information technologies; ArcGIS; updating of topographic maps; nomenclature sheet; aerial photography of the area; vectorization; geoprocessing.*

Fig.: 4. References: 17.

Стадніков В., Ліхва Н., Константінова О., Колосюк А. досвід застосування ГІС-технологій при створенні (оновленні) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000. *Технічні науки та технології.* 2023. № 4(34). С. 255-264.