

DOI: 10.32347/2076-815X.2024.85.133-145

УДК 528.4:528.1

к.т.н., доцент Дець Т.І.,

tdec@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3579-8326,

к.с.-г.н., доцент Кирилюк В.П.,

hidrotechnik@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2098-0520,

Рожі Т.А., tomas.rozhi.94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6794-9662,

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

ВИВЧЕННЯ ВІДОБРАЖЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ШЛЯХОМ КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Досліджується процес створення та оновлення цифрових топографічних карт на прикладі Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області. З використанням програми «WidsMob Panorama», автори створили математичну основу карт та оновили їх зміст згідно з актуальним станом території, використовуючи аерофотознімки та суміщений діапозитив останнього року оновлення. Це дозволило підвищити точність електронної карти, усунути деформації та помилки сканування. Технічний проєкт розроблявся на основі цифрових даних, відображаючи місцезнаходження об'єктів та їх групування за шарами, локалізацією та характеристиками. Використання метрики кожного об'єкта на електронній карті з координатами точок у двовимірному форматі забезпечувало точне відображення об'єктів та явищ. Геоінформаційне картографування, як ключова складова дослідження, включало автоматизоване створення та використання карт з використанням ГІС, математичних моделей та обчислювальних методів. Це сприяло створенню електронних карт, 3D-зображень, анімацій, забезпечуючи високу автоматизацію процесів, інтерактивність та мультимедійність. Мультимасштабне картографування дозволило моделювати багаторівневу структуру явищ та складних систем, що неможливо здійснити за допомогою традиційних методів. Результати дослідження демонструють, що цифрове картографування забезпечує не лише високу якість зображення та оперативність його створення, але й тривале зберігання, багаторазове використання та сучасний дизайн картографічних матеріалів для вирішення питань відображення і дослідження об'єктів, явищ та процесів у навколишньому середовищі шляхом картографічних зображень. Висновки підкреслюють значення мультимасштабного картографування для розвитку системного підходу в картографії та його вплив на раціональне

використання територій та розв'язання важливих землеустрою та екологічних задач. Однак, економічні обмеження можуть ускладнити застосування високотехнологічного обладнання в деяких організаціях, що вимагає пошуку оптимальних рішень для автоматизації процесів створення картографічних зображень.

Ключові слова: картографічне зображення; геоінформаційна система; масштаб карти; топографія; навколишнє середовище; стереовекторизація; геодезія.

Постановка проблеми. Актуальність дослідження впливає з постійно зростаючої потреби у точному відображенні та аналізі просторових даних для різноманітних сфер життєдіяльності людства. У сучасному світі, де пріоритет надається сталому розвитку, ефективному управлінню природними та міськими ресурсами, важливість геопросторових даних значно зростає. Точність, з якою можуть бути відображені та проаналізовані територіальні об'єкти, явища та процеси, безпосередньо впливає на якість прийнятих рішень в галузях урбаністики, екології, землеустрою, сільського господарства, а також у плануванні надзвичайних заходів. Застосування картографічних зображень та топографо-геодезичних вимірювань дозволяє детально відобразити не лише фізичні характеристики місцевості, а й динаміку змін, що відбуваються в навколишньому середовищі через антропогенні чи природні процеси. Це сприяє глибшому розумінню взаємодії між різними компонентами екосистеми, а також між людиною та довкіллям. Сучасні виклики, пов'язані зі зміною клімату, необхідністю збереження біорізноманіття, раціональним використанням земельних ресурсів, плануванням міського розвитку та реагуванням на надзвичайні ситуації, вимагають вдосконалення методів картографічного зображення та топографо-геодезичних вимірювань. Таким чином, дослідження, спрямоване на підвищення ефективності цих методів, є вкрай актуальним та необхідним для забезпечення сталого розвитку суспільства, оптимізації використання природних ресурсів і підвищення рівня безпеки людей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Переваги картографічного підходу до дослідження вказаної проблематики включають можливість виявлення нових аспектів за допомогою аналізу інформаційної бази, її уточнення, географічного прив'язування даних різної природи та їхнього обґрунтованого об'єднання (Хвесик М., Голян В. [1]). Крім того, картографічні моделі вирізняються такими особливостями, відміченими багатьма дослідниками: Гріффітс Д., Бернінгем Х. [2], Ду К, Танг Ю., Гоу Ю., Хунг З. [3] точна географічна прив'язка даних; застосування на різних стадіях

дослідження; ефективність у порівнянні та аналізі даних; забезпечення логічної послідовності дослідницьких етапів; виявлення причинно-наслідкових зв'язків; висока наочність і доступність інформації; відстеження просторових та часових тенденцій; ефективність у прогнозуванні та оцінці заходів.

В галузі соціально-економічної географії існує значний досвід розробок у сфері картографії, зокрема у працях таких вчених як: Андреев С., Жилін В. [4]. Однак, аналіз літературних джерел виявляє нерівномірність у розробленості методологічного апарату і теоретичного підґрунтя окремих аспектів картографічних досліджень територій.

Більшість досліджень зосереджена на оцінці об'єктів, явищ та процесів у навколишньому середовищі, з перевагою природно-ресурсного напрямку та ландшафтного аналізу (Чабанюк В., Поливач К. [5]). Менше уваги приділено дослідженню взаємодії природних і топографо-геодезичних факторів у контексті розвитку територій. Практично не виділяються окремі дослідження, присвячені картографуванню специфічних проблем територій, за винятком екологічних та природокористувальних аспектів. Також спостерігається відсутність робіт, які б зосереджувалися на картографуванні територіальної нерівності та вирішення питань картографічного відображення і дослідження об'єктів, явищ та процесів у навколишньому середовищі.

Мета і задачі дослідження. Мета статті – аналіз та оцінка ефективності використання картографічних методів та топографо-геодезичних технологій для детального вивчення та візуалізації фізичних, біологічних та соціально-економічних явищ та процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі.

Завдання дослідження:

- оцінити потенціал сучасних картографічних та топографо-геодезичних інструментів для дослідження та відображення комплексних природних та антропогенних об'єктів;
- проаналізувати методи картографічного зображення та топографо-геодезичних вимірювань для визначення їх точності, вірогідності та придатності до застосування в різних галузях;
- визначити можливості інтеграції картографічних та топографо-геодезичних даних з іншими геоінформаційними системами для створення багатовимірних моделей навколишнього середовища.

Матеріали та методи. Впровадження топографічних карт масштабу 1:10000 було здійснено за допомогою ГІС «MapInfo Professional», використовуючи існуючу карту Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області як базу. За допомогою програми «WidsMob Panorama» на етапі розробки цифрової версії карти була створена її математична основа, нанесена геодезична мережа та оновлено зміст карти

відповідно до актуального стану території. Використання цифрової версії карти Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області масштабу 1:10000 проводилося на основі аерофотознімків, використовуючи суміщений діапозитив 2022 року оновлення. Процес векторизації за допомогою інструменту «Редактор» під час дослідницької роботи допоміг підвищити точність цифрової карти, усунути деформації та помилки сканування [6]. Для забезпечення більшої точності зображення на карті використовувались інструменти позиціонування та обробки растрових зображень векторизатора «Редактор» в ПК «WidsMob Panorama».

Технічний проект електронної карти був розроблений на основі набору цифрових даних, що відображали місцезребування різних об'єктів (міста, річки, будівлі тощо) та груп об'єктів (квартал будинків) або частин об'єктів (елементи будівлі). Об'єкти на векторній карті групувалися за шарами, локалізацією та характеристиками. Види об'єктів та явищ на векторних картах, їхні семантичні характеристики та шари, в яких логічно поєднувалися об'єкти, а також умовні знаки для створення електронних карт на графічних пристроях зберігалися в цифровому класифікаторі [7]. Метрика кожного об'єкта на електронній карті включала координати точок у двовимірному форматі (рис. 1).

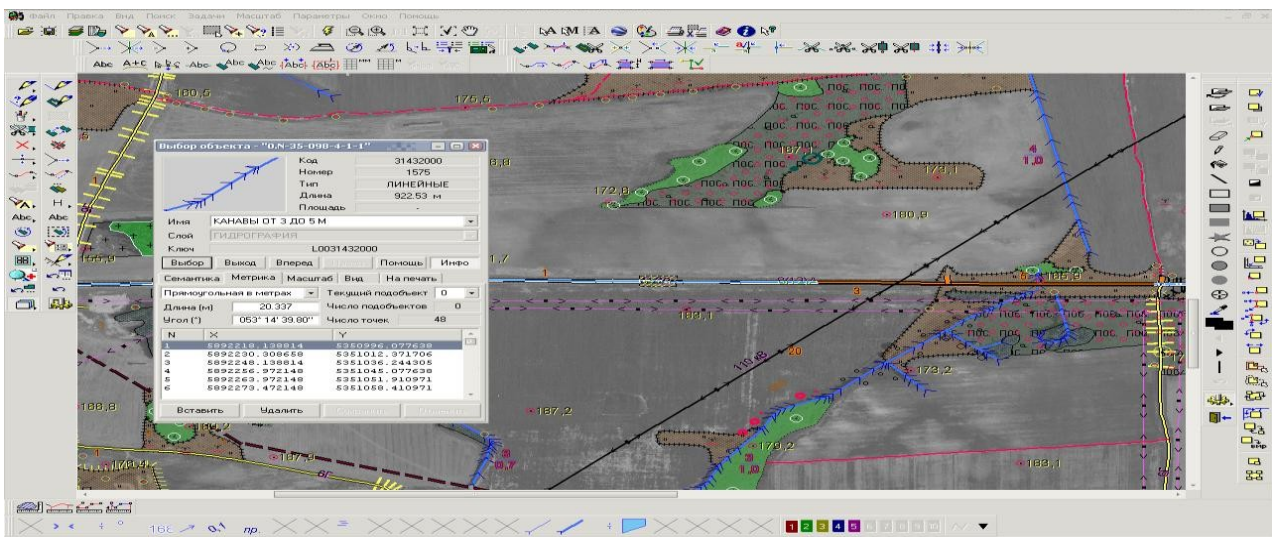


Рис. 1. Метрика об'єкта електронної карти вивчення відображення і дослідження об'єктів, явищ та процесів у навколишньому середовищі (приклад) [8]

При цифруванні топографічних карт введення точки та доступ до її метрики дозволяли відображати координати цієї точки. Для об'єктів з площею метрика використовувалася для опису зовнішніх границь, тоді як метрика підоб'єктів застосовувалася для зазначення внутрішніх меж (наприклад, меж полян усередині лісу). У випадку лінійних об'єктів, метрика підходу використовувалася як продовження метрики основного об'єкта у місцях його

переривання (наприклад, коли польова дорога переривається на річці у місці переходу).

Результати та їх обґрунтування. Геоінформаційне картографування становить собою процес автоматизованого створення та використання карт з використанням географічних інформаційних систем (ГІС), даних дистанційного зондування землі (ДДЗ), а також пов'язаних з ними математичних моделей, алгоритмів та обчислювальних методів. Ця сфера, яка є відносно новою в наукових дослідженнях, охоплює широкий спектр питань і відіграє ключову роль у швидкому створенні карт, а також у розробці анімацій, віртуальних та мультимедійних моделей, іноді навіть замінюючи традиційні картографічні методики. Геоінформаційне картографування інтегрувало в себе багато аспектів картографії, підвищивши їх технологічний рівень і поклавши початок ері системного картографування, що зосереджено на цілісному відображенні геосистем та їх елементів, аналізі їх взаємозв'язків, динаміки та функціонування. Це, своєю чергою, привело до глибшого вивчення математичних методів та автоматизованих технологій, поклавши основу для створення автоматизованих картографічних систем та ГІС. Основні характеристики геоінформаційного картографування включають використання цифрових баз даних та автоматизацію процесів; інтерактивність картографованих об'єктів; системний аналіз геосистем; створення електронних карт і 3D-зображень; використання ДДЗ; мультимедійність, яка дозволяє інтегрувати текст, звук; а також застосування новітніх графічних та дизайнерських рішень [9].

У процесі геоінформаційного картографування розрізняють різні типи картографування, включаючи екологічне, інвентаризаційне, соціально-економічне та оцінювальне геоінформаційне картографування. Однією з ключових характеристик геоінформаційного моделювання є можливість взаємодії з електронними картами через електронний покажчик, дозволяючи переглядати деталі об'єктів у формі чисел, фотографій, тексту, графіків, аудіо та відео. Геоінформаційне моделювання природних ресурсів охоплює створення геоінформаційних карт ландшафтів, екологічних районів, біогеографічних та ґрунтово-географічних карт, карт природних умов та гідрологічних карт.

Основною перевагою використання ГІС-технологій є здатність надавати споживачам широкий спектр продукції у формі цифрових растрових та векторних карт, цифрових моделей рельєфу, цифрових ортофотопланів. Створення карт починається з нанесення координатної сітки меридіанів та паралелей, а основою для первинних топографічних карт служать аерофотознімки. Перенесення інформації з первинних джерел на карту з детальним розміщенням за координатною сіткою є вирішальним у процесі

створення топографічних карт. Точний порядок нанесення об'єктів на карту забезпечує збереження точності картографічного зображення [10].

Обробка даних у ГІС «MapInfo Professional» включала отримання комплексу матеріалів для створення цифрових карт місцевості, який охоплював цифровий ортофотоплан, цифрову модель рельєфу, оригінали дешифрування з векторним описом географічних об'єктів. В процесі редакційно-підготовчих робіт були створені редакційно-технічні вказівки, що відображали технологічні особливості стосовно картографованої території, включаючи зацифрування об'єктів, порядок зведення та контроль якості [11]. В результаті було отримано комплект матеріалів, що включав редакційно-технічні вказівки з додатками, електронний класифікатор, номенклатурні листи електронної та растрової карт у відповідних форматах (рис. 2).

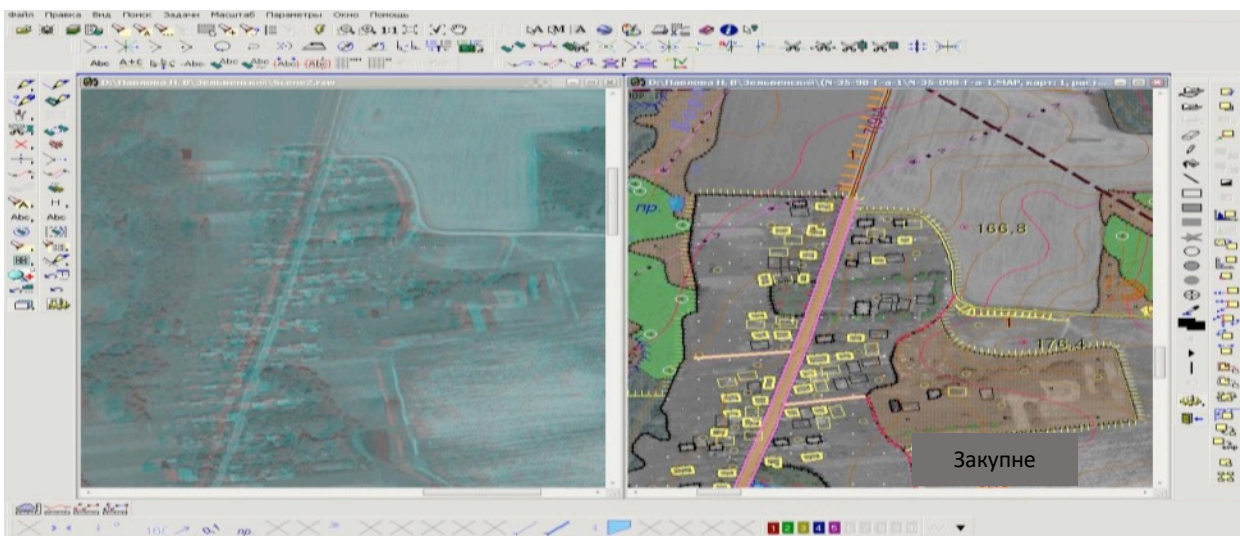


Рис. 2. Стереовекторизація (населений пункт Закупне, Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області) (отримано авторами за допомогою [12])

На кожному етапі виробничого процесу проводився ретельний контроль за цілісністю та правильністю даних, що дозволяло вчасно виявляти та усувати помилки, запобігаючи їхньому внесенню до кінцевого продукту. Після комплектації цифрової карти, включення до неї векторного опису рельєфу, а також додавання математичної та висотної основ, було створено набір номенклатурних файлів у форматі SXF [13].

У процесі комп'ютерного картографування було враховано природній зв'язок між об'єктами, їх розташування та особливості локалізації, ландшафт, господарську активність, а також відтінки і структуру фотографій. Всі елементи на оновлюваній топографічній карті представлені з урахуванням зазначених змін та характеристик старої версії, слідуючи правилам картографічної генералізації і вимогам до взаємного розміщення об'єктів. Для точнішого

ідентифікування деяких елементів та корекції їх характеристик використовувалася стереоскопічна техніка з допомогою ЦФЗ «DELTA».

Векторизація об'єктів на створюваній цифровій карті здійснювалася за чіткою послідовністю: спочатку векторизувалися елементи гідрографії, потім - дорожня мережа та дорожні споруди, населені пункти, об'єкти промисловості, соціально-культурної сфери, сільськогосподарські комплекси, рослинний світ і ґрунти, а також виконувалася інтерполяція горизонталей. Важливою частиною оновлення топографічної карти була картографічна генералізація як обов'язкова процедура [14].

При розробці цифрової карти м. Закупне, Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області, були використані стандартні методи дешифрування, тому в процесі відображення рослинності на створюваній цифровій топографічній карті дотримувалися вибіркові критерії для контурів. При актуалізації топографічної карти зони боліт і рослинність на них коригувалися з урахуванням інформації з попередніх карт і вносилися необхідні зміни у їхню оновлену форму. Для ідентифікації боліт використовувалась структура їхнього зображення на фотографіях. Фруктові сади у межах населених пунктів відзначалися при мінімальній площі в 3 мм², а за їхніми межами – при 10 мм². Приватні сади в межах населених пунктів узагальнювалися з використанням наближених контурів (0,5 мм).

Підготовка цифрової топографічної карти до друку передбачала зведення сусідніх номенклатурних листів, що є критичною стадією перед публікацією карти. У нашій роботі зведення здійснювалося за допомогою програмних засобів візуального контролю та коригування даних відповідно до цифрових стандартів опису, згідно з розробленою раніше схемою зведення. Процес остаточної підготовки оновленої карти міської території включав кілька ключових графічних етапів: створення та зберігання легенди карти, налаштування типових макетів і форматування обрамлення, адаптація масштабу картографічних схем відповідно до розміщення об'єктів тощо (рис. 3).

Картографічна генералізація залежить від узагальнення контенту, а саме переходу до менш деталізованого масштабу картографування. Проте, з перспективи користувача, при роботі з мультимасштабною картою, відбувається і процес деталізації, який передбачає збільшення детальності зображення. Ці процеси разом створюють двосторонній механізм генералізації та деталізації, що служить основою та вирізняючою рисою мультимасштабних карт. Змінюючи масштаб, ми отримуємо нові властивості об'єктів, змінюється їх геометрія та семантика, тому масштаб вважається одним з вимірів, нарівні з тривимірним просторовим розміщенням (X, Y, Z) та часом (T) [15].

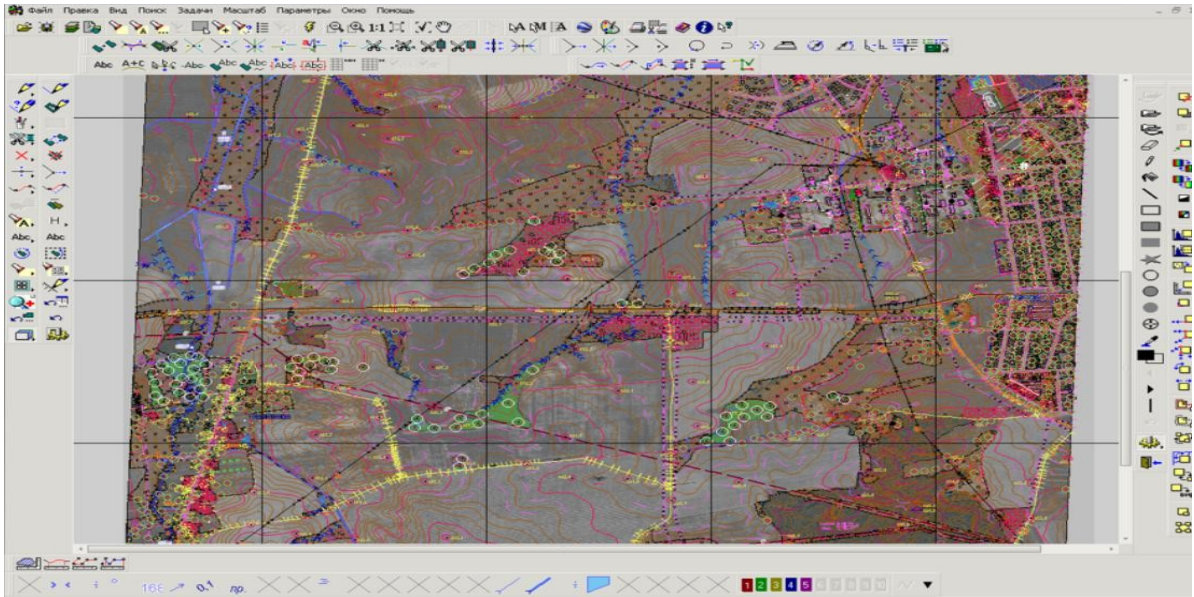


Рис. 3. Цифрова карта Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області в масштабі 1:10000 (отримано авторами за допомогою [12, 16])

Можна стверджувати, що процес генералізації та деталізації у мультимасштабних моделях просувається вздовж базового напрямку, визначеного додатковим просторовим виміром M . Зміни, що виникають в цьому процесі, мають нелінійний характер, що підкреслюється формою виділеного обсягу, представленого на рис. 4. Мультимасштабні карти, які створюють плоске зображення на екрані, набувають тривимірності через можливість «занурення в глибину», відкриваючи ієрархічну структуру картографованих явищ.

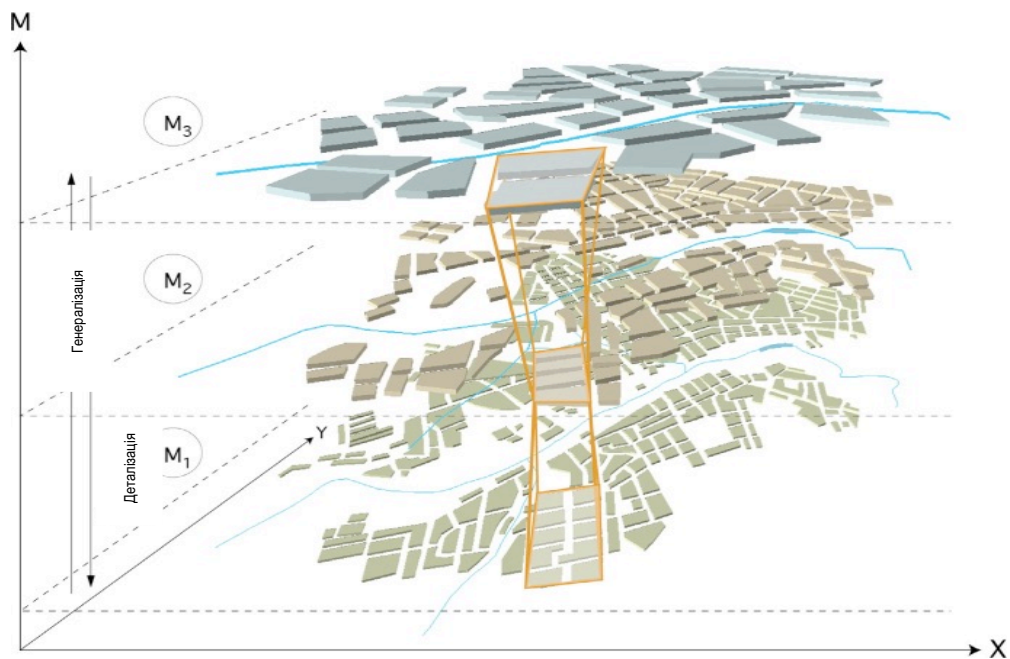


Рис. 4. Процес генералізації-деталізації території у мультимасштабному просторі ХУМ (побудовано авторами)

Визначений обсяг, де відбувається генералізація об'єктів однієї ієрархії, демонструє, що зображення, створене згідно з правилами мультимасштабної карти при $M = \text{const}$, формує підпростір, що відповідає елементу $E = F(X, Y, M)$ з набору зображень, створених за допомогою мультимасштабної карти. Це веде до можливості створення динамічних просторово-часових мультимасштабних моделей, які можуть включати чотири (X, Y, T, M) , п'ять (X, Y, Z, T, M) і більше вимірів. Математична структура мультимасштабних карт включає додаткові компоненти, тісно пов'язані з ієрархією картографованих явищ та об'єктів [17]. Наприклад, явище розселення починається з окремих будівель, які утворюють квартали, з кварталів формуються міста, подібно до ієрархічних структур атмосферних мас, рельєфу та річкових басейнів.

В ході розробки та актуалізації топографічної карти використовувались різні інструменти векторизації та коригування, що забезпечили створення електронної версії карти, візуальні характеристики якої відповідають стандартам для друку. Слідуючи визначеній послідовності робіт, на завершальному етапі підготовки картографічного матеріалу до випуску в тираж залишалось лише допрацювати картографічне зображення, щоб воно відповідало критеріям, що ставляться перед традиційними топографічними картами.

Висновки та рекомендації. Визначено, що використовуючи ПК «WidsMob Panorama» на прикладі Закупненської селищної територіальної громади Хмельницької області для масштабу 1:10000, було підтверджено раніше існуючі погляди на необхідність уніфікованого підходу у створенні картографічної продукції за допомогою комп'ютерних технологій для детального вивчення та візуалізації фізичних, біологічних та соціально-економічних явищ та процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі. Завдяки цифровому картографуванню для поліграфічного відтворення топографічних карт масштабу 1:10000, було досягнуто не тільки високої якості зображення, швидкості створення та оновлення, але й забезпечено тривале зберігання, можливість багаторазового використання та сучасний дизайн картографічних матеріалів.

Доведено, що мультимасштабне картографування відкриває новий етап у розвитку системного підходу в картографії, де завдяки мультимасштабним методам передбачається розв'язання завдань моделювання багаторівневих структур явищ та складних систем, що було б недосяжним з використанням лише традиційних карт і баз даних. Ці завдання є комплексними та потребують інтеграції мультимасштабних картографічних методів, технологій та аналітичних моделей реальних процесів у геосистемах, розроблених географами різного спрямування. Наявність актуальної цифрової топографічної

карти спрощує процес її оновлення та підготовки до публікації, сприяючи раціональному використанню земельних ресурсів і вирішенню питань відображення і дослідження об'єктів, явищ та процесів у навколишньому середовищі шляхом картографічних зображень. Однак, економічні обмеження іноді ускладнюють застосування високотехнологічного обладнання та різноманітних графічних програм для автоматизації створення картографічних зображень в деяких організаціях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інституціональне забезпечення землекористування: теорія і практика: монографія / М.А. Хвесик, В.А. Голян. К.: НАН України, 2006. 160 с.
2. Griffiths D., Burningham H. Comparison of pre-and self-calibrated camera calibration models for UAS-derived nadir imagery for a SfM application. *Progress in Physical Geography*. 2019. №43(2). pp. 215–235. <https://doi.org/10.1177/0309133318788964>.
3. Du X., Tang Y., Gou Y., Huang Z. Data Processing and Encryption in UAV Radar. 2021 IEEE 4th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC). 2021. 1445-1450. DOI: 10.1109/IMCEC51613.2021.9482373.
4. Андреев С., Жилін В. Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D-моделей місцевості. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 2019. №1. С. 3-16. 10.26906/SUNZ.2019.1.003.
5. Chabaniuk V., Polyvach K. Critical properties of modern geographic information systems for territory management. *Cybernetics and Computer Engineering*. 2020. No. 3(201). pp. 5–32. DOI:10.15407/kvt201.03.005
6. Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2023. Випуск 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.
7. Ямелинець Т. Інформаційне ґрунтознавство : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 352 с.
8. Landsat-8/LDCM. URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/landsat-8-ldcm>
9. Nikolayeva O., Romashova L. & Volkova O. Cartographic support for ecological monitoring. *InterCarto. InterGIS*. 2013. №1. pp. 84-86. 10.24057/2414-9179-2013-1-19-84-86.
10. ГИС Карты: Види Та Застосування Цифрової Картографії. URL: <https://eos.com/uk/blog/gis-karty/>
11. Makedon V., Mykhailenko O., & Dzyad O. Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. *European Journal of Management Issues*. 2023. 31(1). pp. 50-62. <https://doi.org/10.15421/192305>
12. NASA. Landsat Science. URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined/>
13. Македон В.В., Чабаненко А.В. Факторні складові цифровізації глобальної економіки та макроекономічних систем країн світу. Ефективна економіка. 2022. № 1. – URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=9875>. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11
14. Вертегел С., Вишняков В., Гуреля В., Сластін С., Піскун О., Харченко С., Мороз В. Розробка методики створення і оновлення картографічної основи з використанням космічних знімків від супутників «SUPER VIEW-1». Екологічна безпека та

природокористування. 2022. №41(1). с. 89–101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>

15. Babinec A., Apeltauer J. On accuracy of position estimation from aerial imagery captured by low-flying UAVs. *International Journal of Transportation Science and Technology*. 2016. No. 3(5). P. 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2017.02.002>.

16. GIS for Land Administration – Esri. URL: www.esri.com/industries/cadastre/

17. Hematulin W., Kamsing P., Torteeka P., Somjit T., Phisannupawong T., Jarawan T. Trajectory planning for multiple UAVs and hierarchical collision avoidance based on nonlinear Kalman filters. *Drones*. 2023. № 7. P. 142.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Dets Tetiana,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

Kyryliuk Volodymyr,

Rozhi Tomas, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

STUDY OF REPRESENTATION AND RESEARCH OF OBJECTS, PHENOMENA AND PROCESSES IN THE ENVIRONMENT THROUGH CARTOGRAPHIC IMAGES AND TOPOGRAPHIC AND GEODESIC MEASUREMENTS

The article examines the process of creating and updating digital topographic maps on the example of the Zakupne settlement territorial community of Khmelnytskyi region. Using the "WidsMob Panorama" program, the authors created a mathematical basis for the maps and updated their content according to the current state of the territory, using aerial photos and combined slides of the last year of updating. This made it possible to increase the accuracy of the electronic map, eliminate deformations and scanning errors. The technical project was developed on the basis of digital data, reflecting the location of objects and their grouping by layers, localization and characteristics. The use of metrics of each object on an electronic map with coordinates of points in a two-dimensional format ensured an accurate display of objects and phenomena. Geoinformation mapping, as a key component of research, included the automated creation and use of maps using GIS, mathematical models, and computational methods. This contributed to the creation of electronic maps, 3D images, animations, providing high automation of processes, interactivity and multimedia. Multi-scale mapping made it possible to model the multi-level structure of phenomena and complex systems, which cannot be done using traditional methods. The results of the study demonstrate that digital mapping provides not only high image quality and promptness of its creation, but also long-term storage, multiple use and modern design of cartographic materials to solve the issues of mapping and researching objects, phenomena and processes in the

environment by means of cartographic images. The conclusions emphasize the importance of multiscale mapping for the development of a systematic approach in cartography and its impact on the rational use of territories and the solution of important land management and environmental problems. However, economic constraints can complicate the use of high-tech equipment in some organizations, which requires the search for optimal solutions for automating the processes of creating cartographic images.

Key words: cartographic image; geoinformation system; map scale; topography; environment; stereo vectorization; geodesy.

REFERENCES

1. Khvesyuk, M.A., Holyan V.K. (2006). Instytutstional'ne zabezpechennya zemlekorystuvannya: teoriya i praktyka: monohrafiya, NAN Ukrayiny {in Ukrainian}.
2. Griffiths, D., & Burningham, H. (2019) Comparison of pre-and self-calibrated camera calibration models for UAS-derived nadir imagery for a SfM application. *Progress in Physical Geography*, 43(2), 215–235. <https://doi.org/10.1177/0309133318788964>. {in English}
3. Du, X., Tang, Y., Gou, Y., Huang, Z. (2021) Data Processing and Encryption in UAV Radar. 2021 IEEE 4th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), 1445-1450. DOI: 10.1109/IMCEC51613.2021.9482373. {in English}
4. Andreev, S. & Zhilin, V. (2019) Zastosuvannya danykh aerofotozyomky z bezpilotnykh lital'nykh aparativ dlya pobudovy 3D-modeley mistsevosti. *Systemy upravlinnya, navihatsiyi ta zv'yazku. Zbirnyk naukovykh prats*, 1, 3-16. 10.26906/SUNZ.2019.1.003. {in Ukrainian}
5. Chabaniuk, V., Polyvach, K. (2020). Critical properties of modern geographic information systems for territory management. *Cybernetics and Computer Engineering*, No. 3(201), 5–32. DOI:10.15407/kvt201.03.005 {in English}
6. Makedon, V.V., Bailova O.O. (2023). Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"*, Issue 47, 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3. {in Ukrainian}
7. Yamelynets, T. (2022). *Informatsiyne gruntoznavstvo : monohrafiya [Informational soil science: monograph]*. Lviv: LNU named after Ivan Franko. {in Ukrainian}.
8. Landsat-8/LDCM. (2023). Retrieved from: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/landsat-8-ldcm> {in English}
9. Nikolayeva, O., Romashova, L. & Volkova, O. (2013). *Cartographic*

support for ecological monitoring. InterCarto. InterGIS, 1, 84-86. 10.24057/2414-9179-2013-1-19-84-86. {in English}

10. GIS Maps: Types and Applications of Digital Cartography. Retrieved from: <https://eos.com/uk/blog/gis-karty/> {in Ukrainian}.

11. Makedon, V., Mykhailenko, O., & Dzyad, O. (2023). Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. *European Journal of Management Issues*, 31(1), 50-62. <https://doi.org/10.15421/192305>. {in English}

12. NASA. Landsat Science. (2023). Retrieved from: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined/> {in English}

13. Makedon, V. and Chabanenko, A. (2022). Factor components of digitalization of the global economy and macroeconomic systems of countries. *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 1, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9875>. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11 {in Ukrainian}.

14. Vertegel, S., Vyshnyakov, V., Gurelia, V., Slastin, S., Piskun, O., Kharchenko, S., & Moroz, V. (2022). Rozrobka metodyky stvorennya i onovlennya kartohrafichnoyi osnovy z vykorystannyam 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]. *Environmental Security and Nature Management*, 41(1), 89–101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101> {in Ukrainian}.

15. Babinec, A., Apeltauer, J. (2016) On accuracy of position estimation from aerial imagery captured by low-flying UAVs. *International Journal of Transportation Science and Technology*, No. 3(5), 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2017.02.002>. {in English}

16. GIS for Land Administration – Esri. Retrieved from: www.esri.com/industries/cadastre/ {in English}

17. Hematulin, W., Kamsing, P., Torteeka, P., Somjit, T, Phisannupawong, T., Jarawan, T. (2023) Trajectory planning for multiple UAVs and hierarchical collision avoidance based on nonlinear Kalman filters. *Drones*, № 7, 142. {in English}