

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

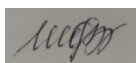
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: **«РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ
ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЇВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ГІС»**

Виконала: студентка 4 курсу групи ГКЗ 2022-1з
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
ОП Геодезія, картографія та землеустрій



Шульга Ольга Вікторівна

Керівник



Гой Василь Васильович

Рецензент



Афанасьєв Олександр Валерійович

2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗА та ГІС
проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59cd399bb









«26» травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Шульзі Ользі Вікторівні

1. Тема проекту (роботи) Розробка цифрової картографічної моделі території міста Київ з використанням інструментів ГІС
керівник проекту (роботи) д.е.н., ст. викл. Гой Василь Васильович,
затверджені наказом вищого навчального закладу від 27.02.2026 року № 187-03.
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 10 червня 2026 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) матеріали містобудівного кадастру; геоприв'язані растрові та векторні дані; результати геодезичних вимірювань і польових спостережень
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) створення та обробка цифрових картографічних шарів; геоінформаційне моделювання території міста; розробка цифрової картографічної моделі з використанням інструментів ГІС
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) цифрова базова карта території міста Київ; тематичні ГІС-шари; результати класифікації та структуризації просторових даних.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

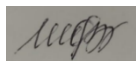
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гой Василь Васильович, ст. викл. кафедри ЗА та ГІС		
2	Гой Василь Васильович, ст. викл. кафедри ЗА та ГІС		
3	Гой Василь Васильович, ст. викл. кафедри ЗА та ГІС		
4	Абракітов В. Е. доцент кафедри О.П. та БЖД		

7. Дата видачі завдання: 28 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування інформаційної бази	10.03.2026	
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	10. 04.2026	
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	30. 04.2026	
4.	Розробка та написання третього розділу роботи	24. 05.2026	
5.	Розробка та написання розділу з охорони праці	30. 05.2026	
6.	Оформлення роботи та нормоконтроль	05. 06.2026	
7.	Попередній захист роботи	15. 06.2026	
8.	Захист дипломної роботи у ДЕК	24.06.2026	

Студент



Шульга О. В.

Керівник роботи



Гой В. В.

РЕФЕРАТ

Пояснюв. записка: 57 с., 11 табл., 15 рис., 20 джерел, 15 слайдів

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ЦИФРОВА КАРТОГРАФІЧНА МОДЕЛЬ, ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ, ЦИФРОВЕ КАРТОГРАФУВАННЯ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ, ЦИФРОВА ГЕОПРОСТОРОВА ОСНОВА.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є територія міста Київ як складна урбанізована просторова система

Предметом дипломної роботи є методи, підходи та інструменти створення цифрових картографічних моделей територій із використанням геоінформаційних систем.

Мета – розробка цифрової картографічної моделі території міста Київ із використанням інструментів геоінформаційних систем для забезпечення ефективного аналізу, візуалізації та управління геопросторовими даними.

Методи дослідження – методи геоінформаційного аналізу, цифрового картографування, обробки та інтеграції геопросторових даних, методи дистанційного зондування Землі, просторового моделювання, векторного та растрового аналізу, методи візуалізації картографічної інформації, а також сучасні програмні засоби геоінформаційних систем.

Удосконалено методику виконання просторового аналізу, оновлення інформації, тематичного картографування та підготовки цифрових картографічних матеріалів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання створеної цифрової моделі для вирішення прикладних задач просторового розвитку міста, підтримки містобудівного планування, аналізу територіального використання, оцінювання міського середовища та підготовки управлінських рішень.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕРИТОРІЙ	9
1.1 Теоретичні засади цифрового картографування та геоінформаційного моделювання територій.....	9
1.2 Деградація рекреаційних і природоохоронних територій.....	12
2 МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕРИТОРІЇ МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ГІС	18
2.1 Аналіз та підготовка вихідних геопросторових даних для моделювання території міста Київ	18
2.2 Методика створення цифрових картографічних шарів та організації геоінформаційної бази дани.....	22
2.3 Геоінформаційні методи просторового аналізу та побудови цифрової картографічної моделі	27
3 РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЇВ.....	32
3.1 Формування цифрової геопросторової основи території міста Київ	32
3.2 Створення та візуалізація цифрової картографічної моделі засобами ГІС	35
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
4.1 Організація безпечних умов праці при виконанні геоінформаційних та картографічних робіт.....	43
4.2 Вимоги охорони праці під час збору, обробки та аналізу геопросторових даних.....	46
4.3 Безпечна експлуатація комп'ютерного обладнання та програмних комплексів ГІС	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Сучасний етап розвитку міст характеризується стрімким зростанням обсягів просторової інформації та переходом до цифрових підходів управління територіями. Урбанізаційні процеси, підвищення щільності забудови, розвиток транспортної інфраструктури, зміни функціонального використання територій і необхідність оперативного прийняття управлінських рішень формують потребу у створенні актуальних цифрових моделей міського простору. Особливої актуальності це набуває для найбільших міст України, де просторові процеси мають високу інтенсивність і значну кількість взаємопов'язаних факторів.

Місто Київ є найбільшим адміністративним, економічним, науковим і транспортним центром України, територія якого характеризується складною функціональною структурою, значною різноманітністю землекористування та високими темпами трансформації міського середовища. У сучасних умовах ефективне управління такою територією потребує використання цифрових геоінформаційних технологій, які забезпечують інтеграцію, аналіз, моделювання та візуалізацію просторових даних.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку геоінформаційних технологій є створення цифрових картографічних моделей територій. Такі моделі забезпечують формування єдиного інформаційного середовища для накопичення, оновлення та аналізу геопросторових даних і можуть використовуватися для підтримки містобудівного планування, розвитку інженерної інфраструктури, моніторингу змін землекористування, оцінювання стану територій та прийняття управлінських рішень.

Розвиток сучасних ГІС, відкритих геоданих, дистанційного зондування Землі, супутникових систем спостереження та цифрових кадастрових ресурсів дозволяє перейти від традиційного картографування до комплексного цифрового моделювання територій із можливістю постійного оновлення інформації та автоматизованого аналізу просторових процесів.

Особливого значення набуває використання цифрових картографічних моделей для міста Київ, оскільки територія столиці характеризується значною різноманітністю функціональних зон, високою інтенсивністю забудови, наявністю великих транспортних вузлів, інженерних мереж та складною організацією міського середовища. Створення сучасної цифрової картографічної моделі забезпечує підвищення точності просторового аналізу та створює передумови для впровадження елементів цифрового управління територіями.

Мета роботи – розробка цифрової картографічної моделі території міста Київ із використанням інструментів геоінформаційних систем для забезпечення ефективного аналізу, візуалізації та управління геопросторовими даними.

Об'єкт дослідження – територія міста Київ як складна урбанізована просторова система.

Предмет дослідження – методи, підходи та інструменти створення цифрових картографічних моделей територій із використанням геоінформаційних систем.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні теоретичні та методичні підходи до створення цифрових картографічних моделей територій.
2. Дослідити сучасні інструменти та програмне забезпечення для геоінформаційного моделювання.
3. Виконати аналіз джерел геопросторових даних для території міста Київ.
4. Сформувати структуру та організацію цифрової картографічної бази даних.
5. Створити тематичні цифрові картографічні шари території дослідження.
6. Реалізувати цифрову картографічну модель території міста Київ засобами ГІС.
7. Провести оцінювання якості та можливостей практичного використання отриманої моделі.

Методи дослідження – методи геоінформаційного аналізу, цифрового картографування, обробки та інтеграції геопросторових даних, методи дистанційного зондування Землі, просторового моделювання, векторного та растрового аналізу, методи візуалізації картографічної інформації, а також сучасні програмні засоби геоінформаційних систем.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Теоретичні засади цифрового картографування та геоінформаційного моделювання територій

У сучасних умовах розвитку суспільства особливої актуальності набувають питання цифрової трансформації територіального управління та просторового планування. Активний розвиток інформаційних технологій, зростання обсягів геопросторових даних і необхідність оперативного прийняття управлінських рішень обумовлюють широке впровадження геоінформаційних систем та цифрових картографічних технологій у практику управління територіями. Ці процеси є одним із ключових елементів переходу до концепції цифрових міст та інтелектуального просторового розвитку [1].

Урбанізація як глобальний соціально-економічний процес супроводжується концентрацією населення, виробничої діяльності та інфраструктури в межах міських територій. Сучасне місто виступає складною багаторівневою просторовою системою, функціонування якої визначається взаємодією природних, соціальних, економічних, транспортних та інженерних компонентів. У таких умовах традиційні методи обліку та аналізу територій поступово втрачають ефективність і потребують переходу до цифрових підходів управління геопросторовою інформацією [2].

Відповідно до чинного містобудівного та нормативного забезпечення України населені пункти класифікуються залежно від функціонального призначення, демографічних показників, економічного потенціалу та ролі у системі розселення. Особливе місце займають великі міста та міські агломерації, де спостерігаються найбільш інтенсивні процеси трансформації територій. (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація населених пунктів залежно від функціонального значення, чисельності населення та місця у системі розселення [3]

Категорія населеного пункту	Чисельність населення	Характеристика функціонального значення	Роль у системі розселення
Сільські населені пункти (села, селища)	до 5 тис. осіб (переважно)	Переважає сільськогосподарської діяльності, локального обслуговування та житлової функції	Базовий рівень системи розселення
Малі міста	до 50 тис. осіб	Локальні центри адміністративного, соціального та економічного розвитку	Обслуговування прилеглих територій
Середні міста	50–100 тис. осіб	Формування регіональних центрів виробництва, послуг та інфраструктури	Міжрайонні центри тяжіння
Великі міста	100–250 тис. осіб	Розвинена виробнича, транспортна та громадська інфраструктура	Центри територіального розвитку регіону
Крупні міста	250–500 тис. осіб	Високий рівень концентрації населення, ділової активності та інженерних систем	Регіональні урбанізовані центри
Найбільші міста	500 тис. – 1 млн осіб	Формування потужних багатофункціональних урбанізованих систем	Міжрегіональні центри розвитку
Міста-мільйонники	понад 1 млн осіб	Найвищий рівень концентрації населення, транспортних потоків, економічних та інформаційних процесів	Ядра міських агломерацій та національні центри розвитку

Подальший розвиток урбанізованих територій супроводжується збільшенням складності управління просторовими ресурсами. Формування нових житлових кварталів, транспортних вузлів, інженерних систем та громадських просторів створює необхідність постійного оновлення картографічної інформації. У цих умовах цифрові картографічні моделі стають основою формування сучасного інформаційного забезпечення міст.

Цифрова картографічна модель являє собою структуровану систему геопросторових даних, яка описує територію шляхом інтеграції координатної,

атрибутивної та аналітичної інформації в єдиному цифровому середовищі. На відміну від традиційних карт, цифрові моделі забезпечують не лише відображення об'єктів, а й виконання просторового аналізу, моделювання процесів, автоматичне оновлення інформації та підтримку прийняття управлінських рішень [4].

Сучасне цифрове картографування базується на інтеграції різномірних джерел даних, серед яких особливе значення мають супутникові знімки високої роздільної здатності, матеріали дистанційного зондування Землі, результати геодезичних вимірювань, відкриті набори геоданих, дані GNSS-спостережень, цифрові моделі рельєфу, містобудівна документація та результати польових обстежень (рис. 1.1).

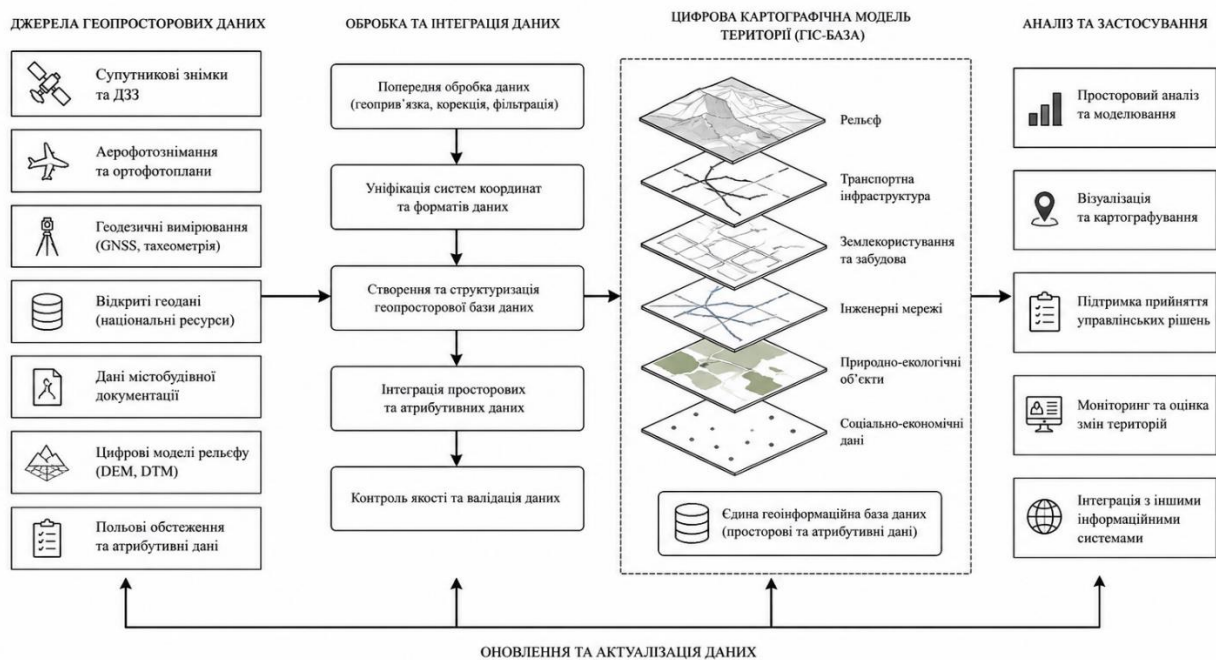


Рисунок 1.1 - Схематичне представлення взаємодії геопросторових даних та процесу формування цифрової картографічної моделі території

Особливого значення набуває використання геоінформаційних систем як інструменту інтеграції зазначених даних. ГІС дозволяють реалізувати повний цикл обробки просторової інформації: від збору та структуризації даних до

створення тематичних карт, виконання просторового аналізу та побудови комплексних цифрових моделей територій.

Для великих міст цифрові картографічні моделі виконують роль просторової основи для розвитку концепцій Smart City, цифрових двійників територій та систем підтримки прийняття управлінських рішень [5].

На прикладі міста Київ актуальність використання цифрових картографічних моделей визначається значною площею території, високою щільністю забудови, складною структурою землекористування та необхідністю забезпечення постійного моніторингу змін міського середовища. Використання інструментів ГІС дозволяє підвищити точність аналізу території, забезпечити актуальність картографічних матеріалів та створити основу для подальшого розвитку цифрового управління міським простором.

1.2 Деградація рекреаційних і природоохоронних територій

Розвиток цифрових технологій та активна інтеграція геоінформаційних систем у процеси управління територіями спричинили суттєву трансформацію підходів до збору, накопичення та використання просторової інформації. Якщо традиційне картографування базувалося переважно на результатах геодезичних вимірювань і ручному оновленні картографічних матеріалів, то сучасне цифрове картографування передбачає використання комплексних багатоджерельних наборів геопросторових даних, що забезпечують високу деталізацію, актуальність і можливість автоматизованого аналізу територій [6].

Геопросторові дані є фундаментом створення цифрових картографічних моделей і являють собою інформацію про положення, форму, властивості та взаємозв'язки об'єктів у просторі. Особливістю сучасних геоданих є поєднання координатної складової з атрибутивною інформацією, що дозволяє формувати повноцінне цифрове представлення території.

При створенні цифрових картографічних моделей застосовуються різні групи джерел даних, кожна з яких виконує власну функцію у процесі формування геоінформаційної бази.

Одним із базових джерел є дані дистанційного зондування Землі. Використання супутникових систем спостереження забезпечує оперативне отримання інформації про стан територій, зміни забудови, транспортної інфраструктури, зелених зон та інших просторових об'єктів. Сучасні супутникові системи забезпечують отримання даних у багатоспектральному та надвисокодетальному форматах, що дозволяє застосовувати їх для цифрового картографування як на регіональному, так і на локальному рівнях [7].

До найбільш поширених супутникових платформ належать відкриті міжнародні програми спостереження Землі, зокрема місії Sentinel та Landsat, які забезпечують регулярне оновлення інформації про території. Для детального міського аналізу широко використовуються комерційні супутникові системи високої просторової роздільної здатності.

Важливе місце займають матеріали аерофотознімання та ортофотоплани. На відміну від супутникових даних, вони забезпечують значно вищу просторову деталізацію та використовуються для створення великомасштабних цифрових карт. Особливої популярності набули технології безпілотного аерофотознімання, які дозволяють оперативно отримувати високоточні просторові дані для окремих територій.

Наступним критично важливим джерелом є результати геодезичних вимірювань. Геодезичні спостереження забезпечують формування високоточної просторової основи цифрової моделі та використовуються для калібрування, контролю та уточнення інших джерел інформації [8].

У сучасній практиці цифрового картографування широко застосовуються:

- GNSS-вимірювання;
- електронна тахеометрія;
- лазерне сканування;
- мобільне картографування;

– технології фотограмметричної реконструкції.

Особливу роль у розвитку цифрових картографічних моделей відіграють технології лазерного сканування (LiDAR). Цей підхід дозволяє формувати надзвичайно деталізовані тривимірні набори даних і створювати цифрові моделі рельєфу, цифрові моделі поверхні та високоточні моделі міської забудови [9].

Значний вплив на розвиток сучасного картографування мають відкриті геопросторові ресурси та геопортали. В останні роки концепція відкритих даних стала одним із ключових інструментів цифрової трансформації територіального управління.

Серед найбільш поширених категорій відкритих геоданих використовуються:

- кадастрові дані;
- містобудівна документація;
- транспортні мережі;
- адміністративні межі;
- дані інженерної інфраструктури;
- статистична інформація;
- відкриті картографічні сервіси.

Сучасні цифрові картографічні моделі дедалі частіше формуються за принципом інтеграції кількох джерел інформації одночасно. Такий підхід отримав назву мультисенсорного геопросторового моделювання та дозволяє мінімізувати похибки окремих джерел і підвищити достовірність кінцевих результатів [10].

Для створення цифрової картографічної моделі території міста Київ доцільно використовувати інтегровану структуру даних, що включає супутникові матеріали, відкриті муніципальні геодані, результати геодезичних вимірювань, містобудівну документацію та цифрові моделі рельєфу. Такий підхід дозволяє сформувати багаторівневу геоінформаційну систему, придатну

для просторового аналізу, оновлення інформації та підтримки процесів управління міською територією [11].

У результаті застосування сучасних джерел геопросторових даних створюється єдина цифрова картографічна модель, яка забезпечує не лише відображення об'єктів, але й підтримує прогнозування розвитку територій, оцінювання змін міського середовища та інтеграцію з перспективними концепціями цифрових двійників міста (рис. 1.2).

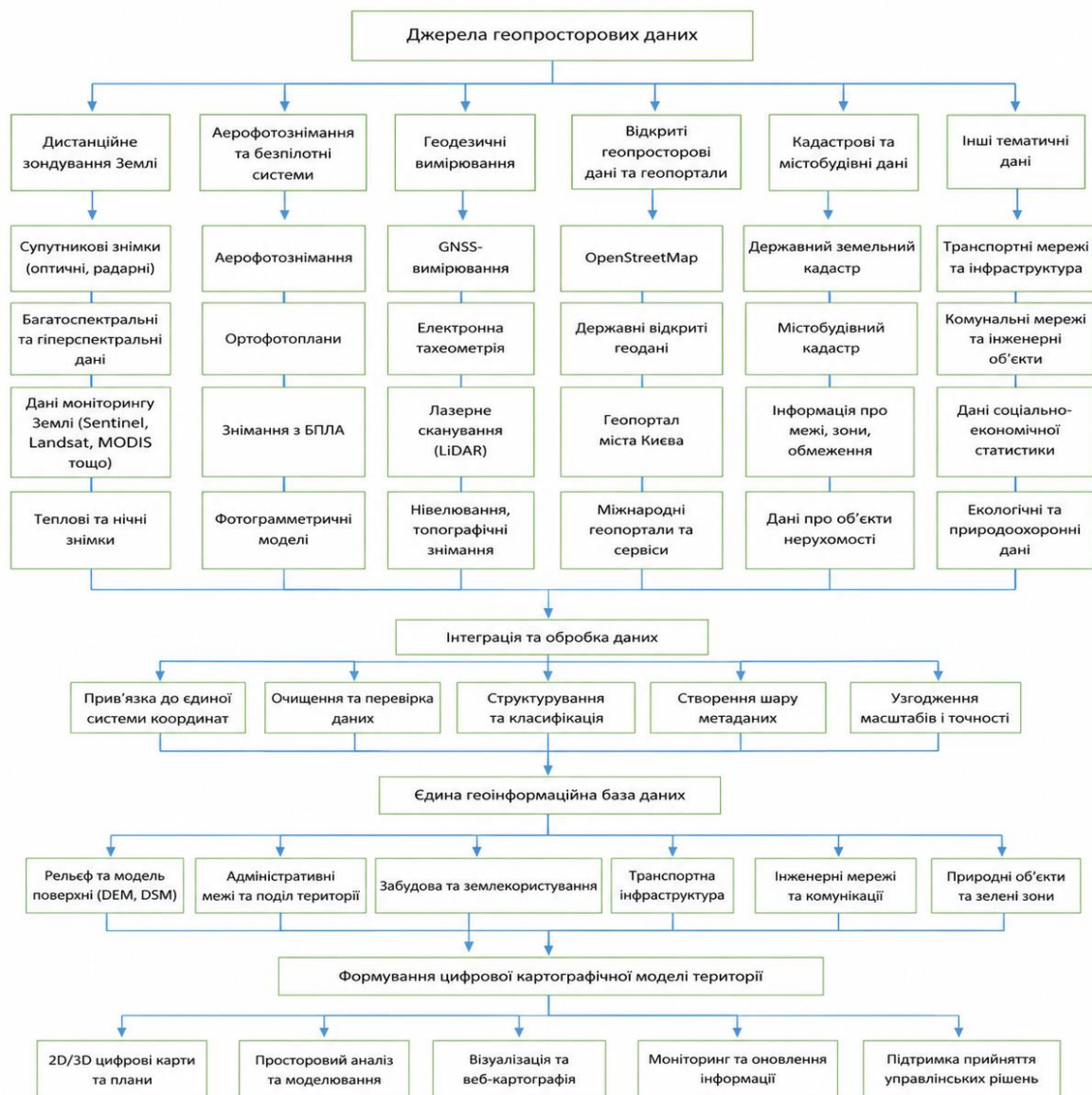


Рисунок 1.2 - Класифікація сучасних джерел геопросторових даних та їх інтеграція у процес формування цифрової картографічної моделі території

Для вибору оптимального набору геопросторових даних при створенні цифрових картографічних моделей необхідно враховувати не лише доступність інформації, а й її просторову роздільну здатність, періодичність оновлення, точність позиціонування та придатність для різних типів аналізу. Кожне джерело має власні переваги й обмеження, тому сучасні ГІС-проекти переважно базуються на принципі комбінованого використання кількох незалежних джерел.

Особливо це актуально для великих урбанізованих територій, зокрема міста Київ, де одночасно необхідно забезпечити деталізацію забудови, актуальність транспортної інфраструктури, коректне відображення адміністративних меж та можливість оперативного оновлення картографічних матеріалів.

Для порівняння сучасних джерел геопросторової інформації доцільно виконати їх систематизацію за основними технічними та функціональними характеристиками (табл. 1.2).

Отже, проведений аналіз сучасних джерел геопросторових даних та підходів до цифрового картографування свідчить, що ефективність створення цифрової картографічної моделі безпосередньо залежить від якості вихідної інформації, рівня її інтеграції та коректності організації геоінформаційної бази даних. Використання супутникових матеріалів, результатів геодезичних вимірювань, відкритих геопорталів, кадастрових та містобудівних даних формує передумови для побудови комплексних цифрових моделей територій. Для реалізації поставленої мети дипломної роботи наступним етапом є розробка методики формування цифрової картографічної моделі території міста Київ із використанням інструментів геоінформаційних систем.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика сучасних джерел геопросторових даних для створення цифрових картографічних моделей

Джерело даних	Просторова роздільна здатність	Періодичність оновлення	Основні переваги	Основні обмеження
Супутникові знімки Sentinel	10–60 м	5 діб	Відкритий доступ, глобальне покриття	Недостатня деталізація для міського картографування
Супутникові знімки Landsat	15–30 м	16 діб	Великий історичний архів	Обмежена деталізація
Комерційні супутникові системи	до 0,3–1 м	1–7 діб	Висока деталізація забудови	Висока вартість
Аерофотознімання	2–20 см	За потребою	Дуже висока точність	Значна вартість робіт
БПЛА-знімання	1–10 см	Оперативне	Локальна деталізація, швидке оновлення	Обмежена площа покриття
Геодезичні GNSS-вимірювання	до 1–5 см	У реальному часі	Висока координатна точність	Полеві роботи
Лазерне сканування (LiDAR)	2–15 см	За проектом	Формування 3D-моделей	Висока ресурсоємність
Відкриті геодані та геопортали	залежить від джерела	постійне оновлення	Доступність та інтеграція	Неоднорідність якості
Містобудівний та земельний кадастр	до масштабу ведення	за регламентом	Офіційний статус даних	Обмеження доступу

2 МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕРИТОРІЇ МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ГІС

2.1 Аналіз та підготовка вихідних геопросторових даних для моделювання території міста Київ

Створення цифрової картографічної моделі території міста є складним багатоетапним процесом, якість якого безпосередньо залежить від повноти, достовірності та узгодженості вихідних геопросторових даних. На сучасному етапі розвитку геоінформаційних технологій процес цифрового картографування вже не обмежується використанням одного типу джерел інформації, а передбачає інтеграцію великої кількості різнорідних наборів даних, отриманих із супутникових платформ, геодезичних вимірювань, відкритих геопорталів, кадастрових систем, містобудівної документації та матеріалів дистанційного зондування Землі [12].

Особливістю створення цифрової картографічної моделі міста Київ є необхідність роботи з великими масивами просторової інформації, що характеризуються різною точністю, масштабністю, структурою та періодичністю оновлення. Київ як найбільший урбанізований центр України має складну просторову структуру, що включає житлову забудову, транспортну інфраструктуру, промислові території, природно-рекреаційні зони, інженерні мережі та адміністративні утворення різного рівня.

На першому етапі формування цифрової картографічної моделі виконується аналіз доступних джерел геопросторових даних та оцінка їх придатності для використання у геоінформаційному середовищі. Основними критеріями відбору є:

- просторова роздільна здатність;
- координатна точність;
- часовий інтервал оновлення;
- формат представлення;

- сумісність із програмними засобами ГІС;
- доступність і можливість інтеграції.

Формування інформаційної основи цифрової моделі території міста Київ доцільно виконувати за багаторівневим принципом, який передбачає використання базових, допоміжних та аналітичних наборів геоданих.

До базових наборів геопросторових даних належать [13]:

- адміністративні межі міста та районів;
- базова топографічна основа;
- транспортна мережа;
- цифрові моделі рельєфу;
- ортофотоплани;
- земельно-кадастрова інформація.

До допоміжних наборів включають:

- супутникові матеріали;
- відкриті геопортальні сервіси;
- містобудівну документацію;
- статистичні дані;
- матеріали інженерних служб.

До аналітичних наборів даних відносяться результати класифікації територій, просторових обчислень, тематичного зонування та похідні картографічні продукти.

Під час підготовки даних важливим етапом є приведення всіх матеріалів до єдиної просторової системи координат. Для території міста Київ доцільним є використання державної системи координат УСК-2000 або відповідних проєкцій, сумісних із сучасними ГІС-платформами.

Після формування первинного набору даних виконується процедура їхньої підготовки до інтеграції в єдине геоінформаційне середовище. До основних операцій попередньої обробки належать:

1. Імпорт та конвертація вихідних даних.
2. Геоприв'язка растрових матеріалів.

3. Узгодження систем координат.
4. Перевірка топологічної коректності.
5. Видалення дублюючих об'єктів.
6. Стандартизація атрибутивної інформації.
7. Формування структури геопросторової бази даних.

Важливою складовою підготовки інформації є контроль якості геоданих.

Для цифрових картографічних моделей необхідно забезпечити відповідність таким показникам [14]:

- повнота відображення об'єктів;
- логічна узгодженість;
- геометрична точність;
- актуальність;
- відсутність топологічних помилок.

У сучасних геоінформаційних системах значна частина процесів підготовки даних автоматизується за допомогою інструментів просторової обробки та моделювання. Використання автоматизованих процедур дозволяє скоротити тривалість створення цифрової моделі та підвищити повторюваність результатів.

Для території міста Київ доцільно реалізувати наступну послідовність формування вихідної інформаційної бази: отримання геопросторових матеріалів → попередня перевірка → приведення до єдиної системи координат → очищення та структуризація → інтеграція в геобазу → контроль якості → підготовка до просторового аналізу (рис. 2.1).

Для забезпечення подальшої побудови цифрової картографічної моделі необхідно здійснювати організацію даних за тематичними групами, що дозволяє підвищити швидкість обробки та ефективність управління інформацією [15].

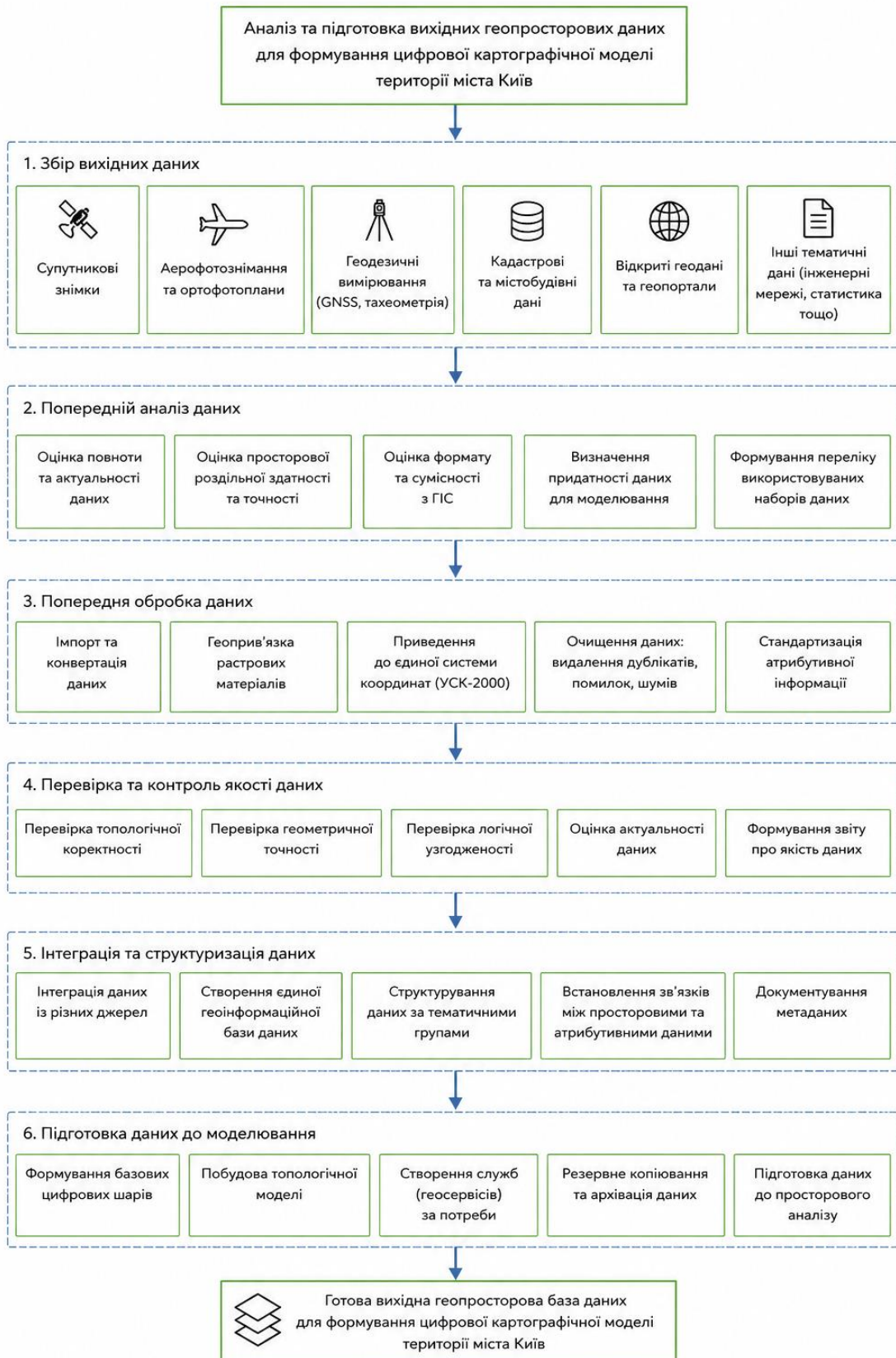


Рисунок 2.1 – Послідовність аналізу та підготовки вихідних геопросторових даних для формування цифрової картографічної моделі території міста Київ

Після виконання підготовчих процедур наступним етапом є створення тематичних цифрових картографічних шарів та організація геоінформаційної бази даних, що становить основу побудови комплексної цифрової моделі території.

2.2 Методика створення цифрових картографічних шарів та організації геоінформаційної бази даних

Створення цифрових картографічних шарів та організація геоінформаційної бази даних забезпечує структуроване зберігання, обробку, аналіз і подальше використання геопросторової інформації. На цьому етапі відбувається перехід від окремих наборів вихідних даних до створення інтегрованої цифрової моделі території, придатної для просторового аналізу та прийняття управлінських рішень [16].

У сучасних геоінформаційних системах цифровий картографічний шар розглядається як окремий тематичний рівень просторової інформації, що містить геометричний опис об'єктів та їх атрибутивні характеристики. Організація таких шарів здійснюється за принципом тематичної структуризації, коли кожен набір об'єктів представляється окремим інформаційним рівнем.

Для території міста Київ структура цифрової картографічної моделі повинна враховувати складність міського середовища та забезпечувати можливість подальшого розширення геоінформаційної системи.

На першому етапі виконується формування структури майбутньої геобазы даних шляхом визначення основних тематичних груп інформації.

До складу базових цифрових картографічних шарів доцільно включити:

- адміністративно-територіальний устрій;
- транспортну інфраструктуру;
- забудову та землекористування;
- інженерні мережі;
- природні та водні об'єкти;

- цифрову модель рельєфу;
- громадську інфраструктуру;
- зелені зони та озеленення;
- кадастрові межі;
- тематичні аналітичні шари.

Організація геоінформаційної бази даних виконується відповідно до принципу багаторівневої архітектури, у межах якої дані розділяються за функціональним призначенням.

Загальна структура геобазы передбачає три рівні [17]:

1. Рівень зберігання даних. Містить первинні просторові та атрибутивні набори інформації у форматах GeoPackage, File Geodatabase, PostGIS або інших сумісних форматах.

2. Рівень управління даними. Забезпечує інтеграцію шарів, керування структурами таблиць, підтримку топологічної цілісності та оновлення інформації.

3. Аналітичний рівень. Використовується для виконання просторового аналізу, картографування та формування похідних моделей.

Формування цифрових картографічних шарів здійснюється шляхом виконання послідовності технологічних операцій.

На першому кроці створюються класи просторових об'єктів відповідно до їх геометричного типу [18]:

- точкові об'єкти;
- лінійні об'єкти;
- полігональні об'єкти;
- растрові шари;
- тривимірні поверхні.

Для кожного шару визначається перелік атрибутивних полів.

Наприклад, для шару забудови можуть використовуватися:

- ідентифікатор об'єкта;
- тип забудови;

- поверховість;
- площа забудови;
- дата актуалізації.

Для транспортної інфраструктури:

- категорія дороги;
- покриття;
- кількість смуг;
- інтенсивність використання.

Після створення структури шарів виконується процедура топологічного контролю.

Основними правилами перевірки виступають:

- відсутність самоперетинів;
- відсутність розривів;
- контроль перекриття полігонів;
- замкнутість контурів;
- перевірка суміжності.

Особливе значення має організація системи метаданих.

Метадані повинні містити:

- назву набору даних;
- джерело отримання;
- дату оновлення;
- систему координат;
- масштаб використання;
- показники точності.

Для забезпечення ефективної роботи цифрової картографічної моделі території міста Київ доцільно застосовувати централізовану геобазу даних, що підтримує багатокористувацький доступ та можливість автоматичного оновлення інформації.

Під час організації геобазу рекомендується використовувати такі принципи [19]:

- уніфікація структури даних;
- відсутність дублювання інформації;
- масштабованість;
- підтримка резервного копіювання;
- сумісність із веб-ГІС.

Значною перевагою сучасних ГІС є можливість автоматизованого створення цифрових картографічних шарів шляхом використання алгоритмів класифікації, геообробки та просторового моделювання (табл. 2.1).

У результаті реалізації описаної методики формується єдина цифрова геоінформаційна база, яка виступає основою побудови цифрової картографічної моделі території міста Київ та забезпечує можливість виконання подальших аналітичних процедур (рис. 2.2).

Для підвищення ефективності використання створеної структури геоданих необхідно забезпечити регулярне оновлення шарів та підтримку їх логічної узгодженості між собою.

Таблиця 2.1 – Структура цифрових картографічних шарів геоінформаційної бази даних території міста Київ

Група шарів	Тип геометрії	Основний зміст
Адміністративні межі	Полігон	Райони, квартали
Забудова	Полігон	Будівлі та споруди
Транспорт	Лінія	Дороги, залізниця
Інженерні мережі	Лінія	Комунікації
Рельєф	Растр	DEM, DSM
Кадастрові дані	Полігон	Земельні ділянки
Зелені території	Полігон	Парки, сквери
Водні об'єкти	Полігон	Річки, озера
Аналітичні шари	Змішаний	Результати аналізу

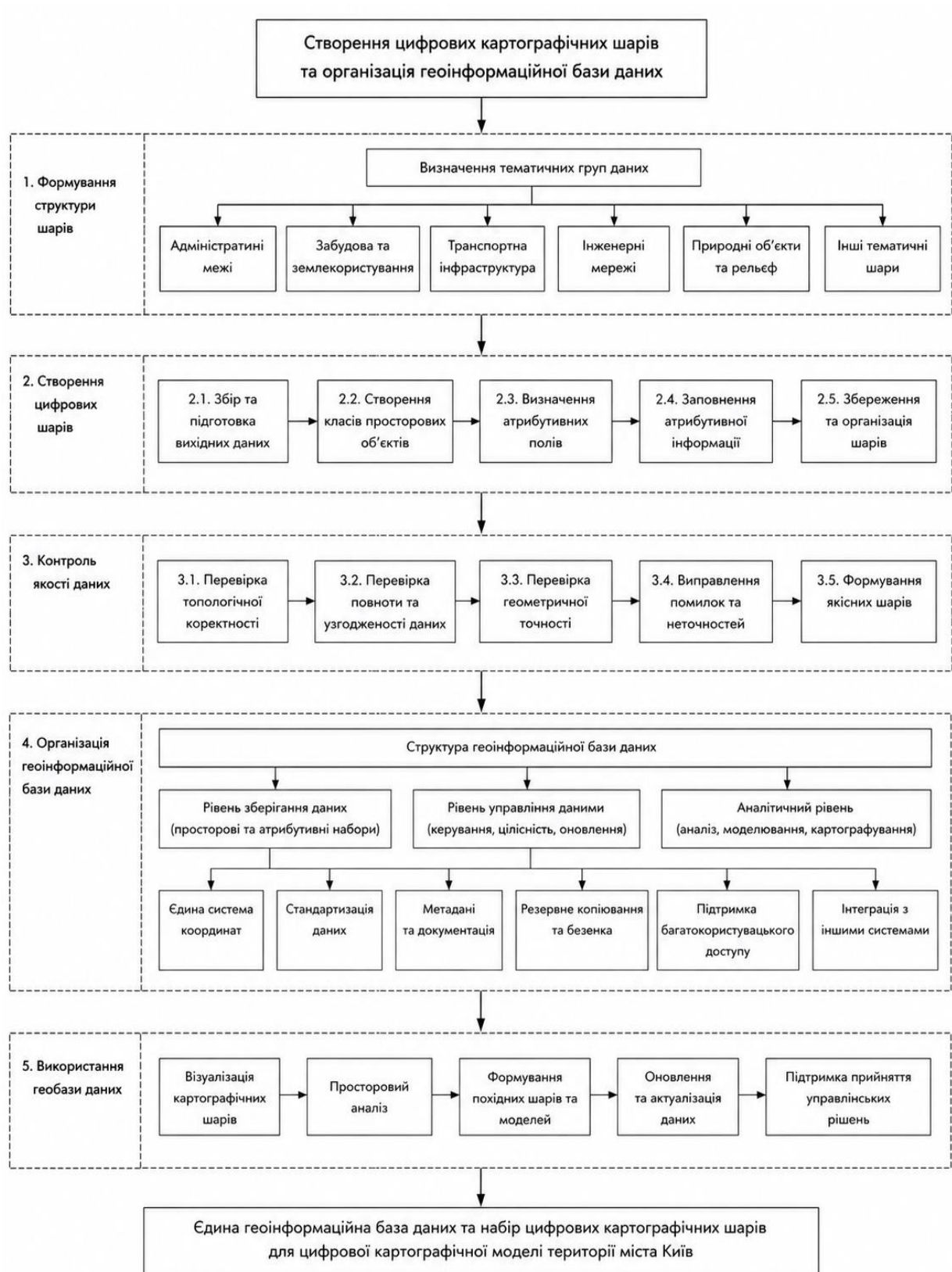


Рисунок 2.2 – Методична схема створення цифрових картографічних шарів та організації геоінформаційної бази даних

2.3 Геоінформаційні методи просторового аналізу та побудови цифрової картографічної моделі

Після формування вихідної геопросторової бази даних та створення цифрових картографічних шарів наступним етапом розробки цифрової картографічної моделі території є застосування геоінформаційних методів просторового аналізу. Просторовий аналіз виступає одним із центральних інструментів сучасних геоінформаційних систем і забезпечує перетворення наборів геоданих у структуровану аналітичну інформацію, придатну для прийняття управлінських рішень [20].

На відміну від традиційного картографування, де карта виступає переважно засобом відображення території, цифрова картографічна модель дозволяє виконувати математичне моделювання просторових взаємозв'язків, автоматизовану обробку геоданих та прогнозування розвитку територіальних систем.

Для території міста Київ застосування геоінформаційного аналізу має особливе значення через складну просторову організацію міського середовища, високу щільність забудови, різноманітність землекористування та необхідність оперативного оновлення картографічної інформації.

Побудова цифрової картографічної моделі здійснюється шляхом послідовного використання комплексу методів просторового аналізу, які забезпечують інтеграцію геометричних, атрибутивних та часових характеристик об'єктів.

Методологічно процес побудови цифрової моделі складається з декількох взаємопов'язаних етапів:

- формування просторової структури даних;
- аналіз геометричних взаємозв'язків;
- класифікація територій;
- створення тематичних поверхонь;
- інтеграція результатів у єдину модель.

Першим базовим методом виступає оверлейний аналіз (Overlay Analysis).

Оверлейний аналіз дозволяє об'єднувати кілька тематичних шарів у межах єдиного просторового середовища та визначати взаємозалежності між ними.

Для цифрової моделі міста Київ цей метод застосовується для:

- аналізу структури забудови;
- оцінювання просторового розподілу функціональних зон;
- визначення територій із комплексними характеристиками;
- інтеграції містобудівних і кадастрових даних.

Наступним важливим інструментом є буферний аналіз (Buffer Analysis).

Буферизація забезпечує формування зон впливу навколо об'єктів і дозволяє оцінити просторову доступність територій.

Метод застосовується для:

- визначення зон транспортної доступності;
- аналізу впливу транспортних магістралей;
- оцінювання доступності громадської інфраструктури;
- формування охоронних зон.

Важливим методом є мережевий аналіз (Network Analysis).

Даний підхід використовується для моделювання транспортної інфраструктури та аналізу маршрутів.

Основними напрямками використання є:

- моделювання транспортних потоків;
- пошук оптимальних маршрутів;
- аналіз доступності міських територій;
- оцінювання навантаження інфраструктури.

Для моделювання поверхонь широко використовується растровий аналіз.

Растрове моделювання дозволяє виконувати:

- аналіз рельєфу;
- оцінювання поверхневого стоку;
- класифікацію територій;

- аналіз змін забудови.

Особливої уваги при побудові цифрової картографічної моделі набуває використання методів класифікації геоданих.

У сучасних ГІС застосовуються:

- класифікація за атрибутами;
- класифікація за просторовими характеристиками;
- автоматизована кластеризація;
- методи машинного навчання.

Для міських територій ефективними є алгоритми автоматичного розпізнавання:

- житлової забудови;
- транспортної інфраструктури;
- зелених зон;
- водних об'єктів.

Наступним етапом є виконання просторової генералізації та узагальнення інформації.

Генералізація використовується для:

- адаптації моделі до різних масштабів;
- спрощення геометрії;
- оптимізації швидкодії ГІС.

У процесі побудови цифрової картографічної моделі формується набір похідних картографічних продуктів.

До них відносяться:

- цифрові тематичні карти;
- карти функціонального зонування;
- карти просторових індексів;
- карти змін територій;
- аналітичні поверхні.

Важливою складовою геоінформаційного аналізу є оцінка якості отриманої цифрової моделі.

Контроль виконується за показниками:

- позиційної точності;
- логічної узгодженості;
- повноти;
- актуальності;
- просторової достовірності.

З урахуванням складності території міста Київ процес побудови цифрової картографічної моделі доцільно реалізовувати у вигляді інтегрованого геоінформаційного середовища, яке поєднує просторові шари, геобазу даних та інструменти аналітичної обробки.

У результаті застосування комплексу геоінформаційних методів формується цифрова картографічна модель території міста, яка забезпечує підтримку просторового аналізу, моніторингу змін міського середовища, підготовку картографічних матеріалів та інтеграцію з перспективними системами цифрового управління територіями.

Таблиця 2.2 – Основні геоінформаційні методи просторового аналізу при побудові цифрової картографічної моделі

Метод	Основне призначення	Результат
Overlay Analysis	Інтеграція шарів	Комплексний просторовий аналіз
Buffer Analysis	Формування зон впливу	Карти доступності
Network Analysis	Аналіз транспортної мережі	Оптимальні маршрути
Raster Analysis	Аналіз поверхонь	Тематичні моделі
Spatial Classification	Класифікація територій	Тематичне зонування
Spatial Interpolation	Побудова поверхонь	Цифрові моделі
Spatial Statistics	Виявлення закономірностей	Просторові індекси

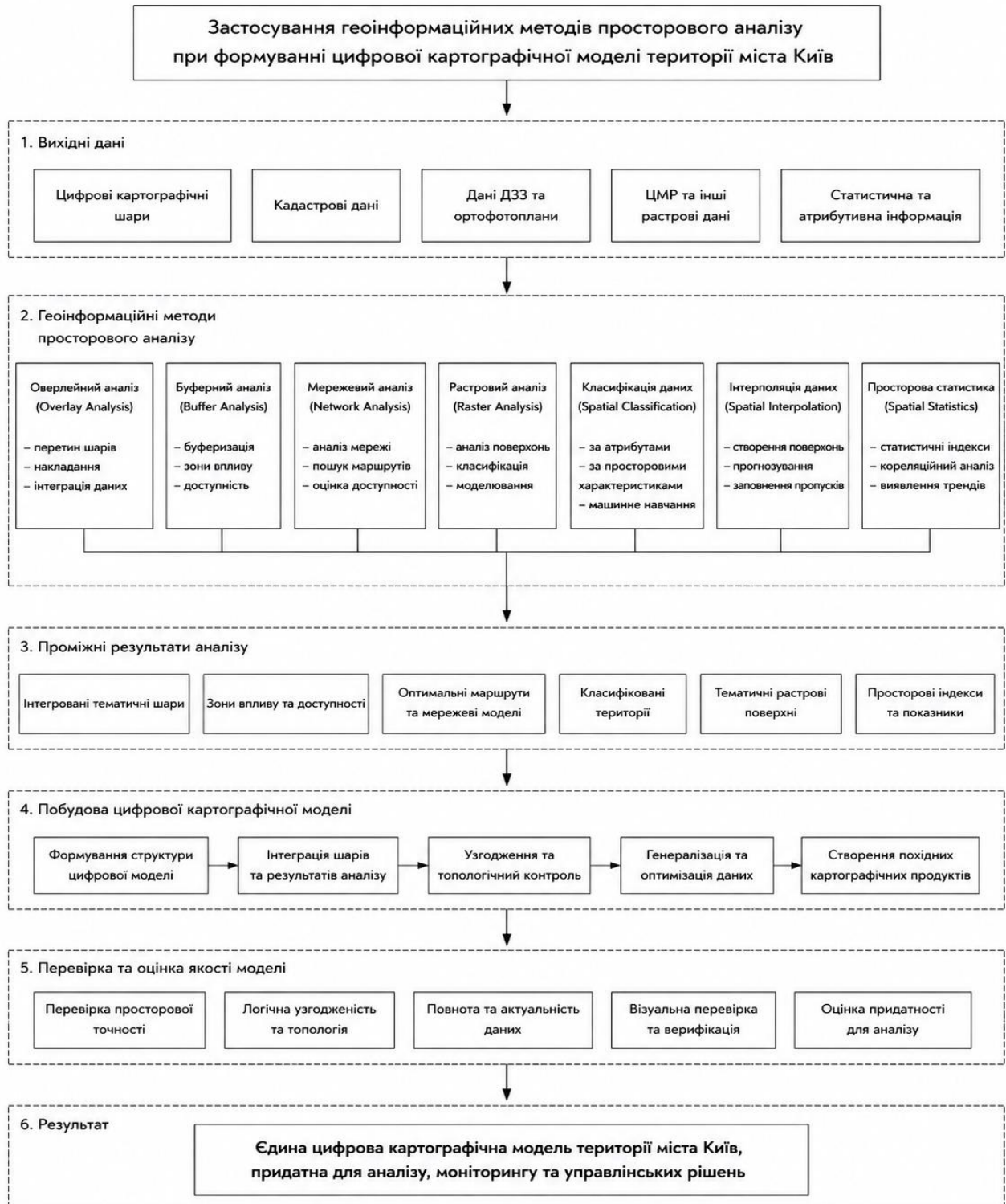


Рисунок 2.3 – Схема застосування геоінформаційних методів просторового аналізу при формуванні цифрової картографічної моделі території міста Київ

3 РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЇВ

3.1 Формування цифрової геопросторової основи території міста Київ

Формування цифрової геопросторової основи є центральним етапом створення цифрової картографічної моделі території міста та визначає якість усіх подальших процедур просторового аналізу, моделювання й візуалізації результатів. Саме на цьому етапі виконується інтеграція вихідних геопросторових даних у єдине координатно узгоджене цифрове середовище, яке забезпечує можливість формування тематичних картографічних шарів та створення комплексної геоінформаційної моделі території.

Для території міста Київ побудова геопросторової основи має підвищену складність унаслідок значної площі території, неоднорідності міської структури, великої кількості функціональних зон та високої інтенсивності змін міського середовища. У зв'язку з цим процес створення цифрової основи передбачає використання комбінованого підходу, який базується на інтеграції різних типів геоданих із забезпеченням їх просторової узгодженості.

На початковому етапі було сформовано перелік базових джерел інформації, необхідних для створення цифрової геопросторової основи. До складу вихідних матеріалів включено цифрові картографічні матеріали, відкриті геодані, супутникові знімки, ортофотоматеріали, кадастрову інформацію, дані містобудівного планування, адміністративно-територіальні межі та допоміжні статистичні набори.

Особливістю формування геопросторової основи є необхідність приведення всіх джерел до єдиної координатної системи та узгодження їх масштабності. Для забезпечення сумісності даних було виконано стандартизацію просторового представлення об'єктів, уніфікацію структури атрибутивних таблиць та контроль геометричної коректності.

Побудова цифрової основи здійснювалася шляхом створення багаторівневої структури геопросторових шарів.

Перший рівень сформували базові шари території, які використовуються як просторовий каркас цифрової моделі:

- межі території міста Київ;
- адміністративний поділ районів;
- гідрографічна мережа;
- транспортна інфраструктура;
- цифрова модель рельєфу;
- базова забудова.

Другий рівень включав тематичні шари просторового аналізу, до яких віднесено:

- функціональне зонування;
- структура землекористування;
- щільність забудови;
- зелені території;
- громадські простори;
- транспортна доступність.

Третій рівень представлено аналітичними похідними шарами, які формувалися за результатами геообробки:

- карти просторової концентрації об'єктів;
- інтегровані тематичні поверхні;
- моделі територіального розподілу;
- карти інтенсивності використання території.

На етапі створення цифрової геопросторової основи особливу увагу приділено організації тематичного шару озелених територій міста Київ.

У структурі сучасного міського середовища озеленені території виконують не лише екологічну, але й просторово-організаційну функцію, впливаючи на доступність громадських просторів, комфортність міського середовища та загальну просторову збалансованість території.

Для оцінювання просторової структури зелених зон було сформовано окремий тематичний шар, який включає:

- парки;
- сквери;
- бульвари;
- лісопаркові території;
- озеленені території загального користування.

На основі сформованої геопросторової бази виконано просторове групування територій за рівнем забезпеченості населення озелененими зонами.

Отримані результати дозволили сформувати цифрову геопросторову модель розподілу озелених територій у межах адміністративних районів Києва та визначити просторові особливості їх розміщення (рис. 3.1).

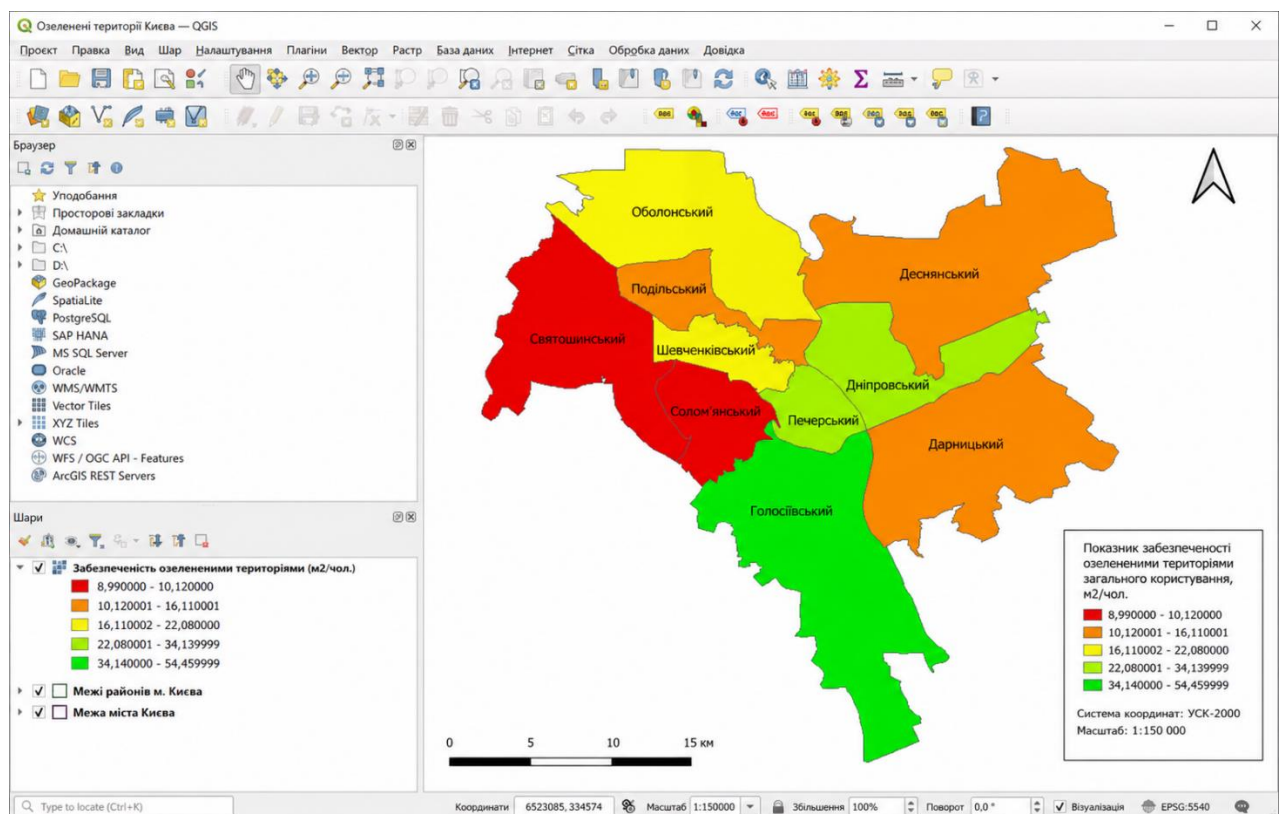


Рисунок 3.1 – Геопросторова карта фактичної забезпеченості озеленими територіями загального користування міста Києва

Побудована цифрова геопросторова основа забезпечує можливість подальшого виконання просторового аналізу, інтеграції тематичних шарів і формування кінцевої цифрової картографічної моделі території міста.

Для перевірки якості створеної структури було виконано контроль топологічної коректності, аналіз повноти атрибутивної інформації та оцінювання відповідності створених шарів вимогам подальшого картографічного моделювання.

Результатом виконання етапу стало формування єдиної цифрової геопросторової основи території міста Київ, яка виступає інформаційною базою для побудови цифрової картографічної моделі та подальшої візуалізації просторових характеристик міського середовища.

3.2 Створення та візуалізація цифрової картографічної моделі засобами ГІС

Створення цифрової картографічної моделі території міста Київ є завершальним етапом реалізації геоінформаційного підходу до моделювання міського середовища. На відміну від традиційного картографування, сучасні ГІС забезпечують не лише побудову картографічного зображення, але й створення інтегрованого цифрового середовища, у межах якого здійснюється накопичення, аналіз, оновлення та візуалізація геопросторових даних.

У межах даної роботи реалізацію цифрової картографічної моделі виконано із застосуванням програмного комплексу QGIS, який забезпечує повний цикл роботи з геопросторовою інформацією: імпорт даних, організацію структури шарів, геообробку, тематичне картографування та формування кінцевих картографічних продуктів.

Побудова цифрової моделі території міста Київ виконувалася за багаторівневою схемою.

На першому етапі здійснено створення ГІС-проекту та формування структури робочого середовища. Для цього було організовано тематичні групи шарів:

- адміністративний устрій;
- транспортна інфраструктура;
- забудова;
- природно-рекреаційний каркас;
- водні об'єкти;
- функціональне зонування;
- аналітичні шари.

Для підвищення продуктивності роботи застосовано структуру зберігання у форматі GeoPackage, що дозволило інтегрувати всі шари в єдину геопросторову базу.

Після завантаження даних виконано візуальну перевірку, налаштування системи координат та побудову картографічної композиції (рис. 3.2).

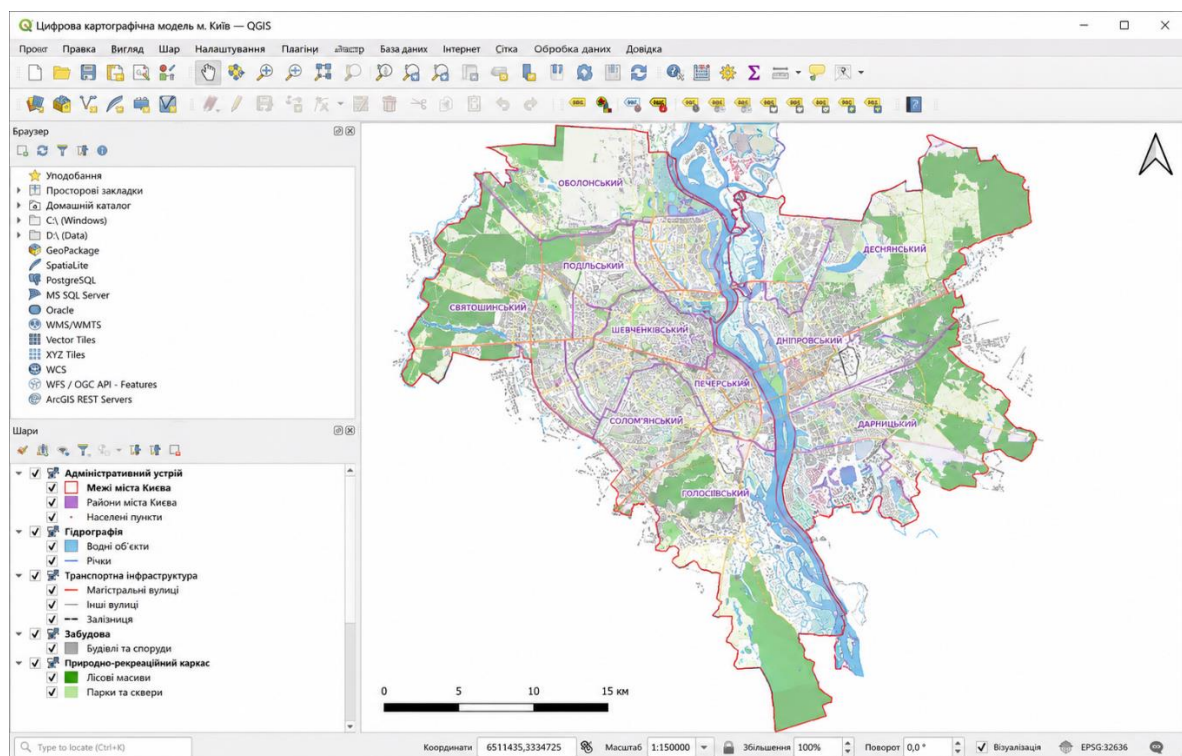


Рисунок 3.2 – Робоче середовище QGIS із сформованою цифровою геопросторовою основою території міста Київ

На другому етапі реалізовано процедури тематичного картографування та побудови похідних картографічних продуктів.

Для візуалізації просторових закономірностей застосовано:

- класифікацію за інтервалами;
- тематичне групування;
- побудову градуйованих карт;
- багат шарову символізацію;
- прозорість і накладання шарів.

Одним із результатів стало створення цифрової карти забезпеченості території міста елементами зеленої інфраструктури (рис. 3.3).

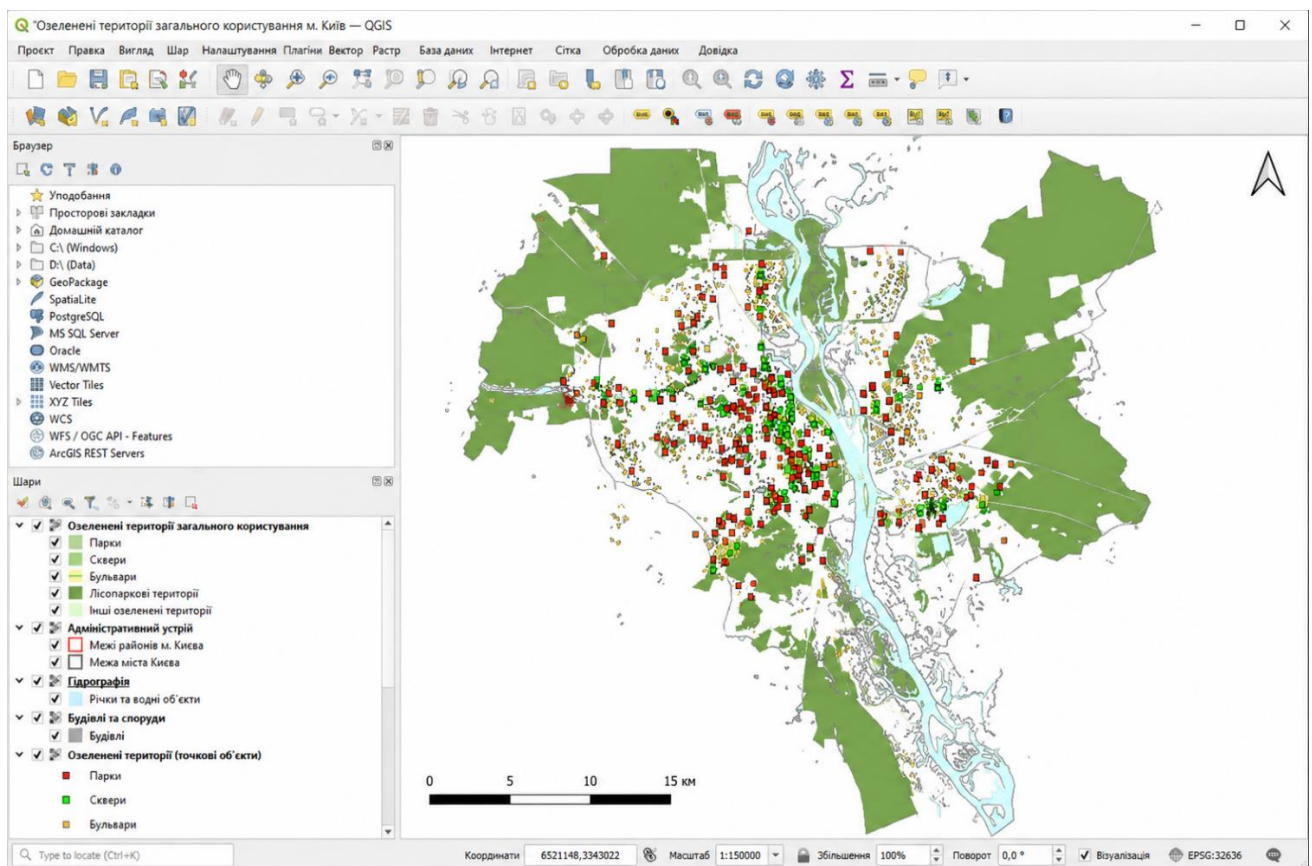


Рисунок 3.3 – Цифрова тематична карта просторового розподілу озелених територій загального користування міста Київ у середовищі QGIS

Після цього виконано моделювання структури природного каркасу території міста.

Для цього сформовано окремий тематичний блок геоданих, який включав:

- природні ядра;
- екологічні коридори;
- буферні території;
- водоохоронні ділянки;
- озеленені території.

Використання засобів просторового аналізу дозволило сформувати цифрову модель екомережі та оцінити просторову зв'язність природних територій (3.4).

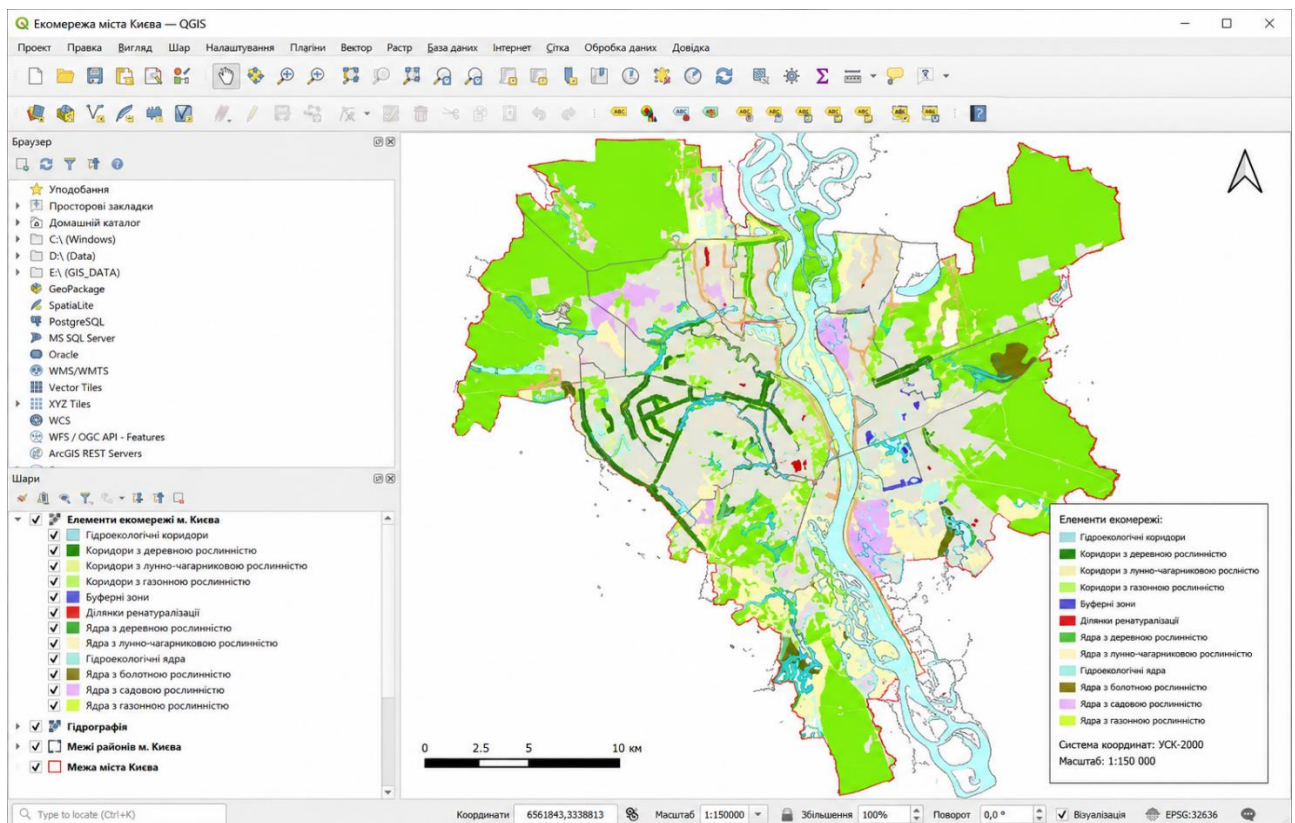


Рисунок 3.4 – Цифрова картографічна модель екомережі території міста Київ у середовищі QGIS

Наступним етапом стала інтеграція всіх тематичних шарів у єдину цифрову картографічну модель.

Для цього було реалізовано:

- просторове накладання;
- побудову топології;
- автоматизоване оновлення атрибутів;
- генерацію підсумкових шарів.

Результатом виконаних процедур стало створення інтегрованої цифрової картографічної моделі міста Київ.

Для забезпечення практичного використання модель підготовлена до експорту у формати:

- GeoPackage;
- GeoJSON;
- Shapefile;
- PDF-карти;
- веб-картографічні сервіси.

Застосування середовища QGIS дозволило створити цифрову картографічну модель та забезпечити її масштабованість, можливість подальшого оновлення та інтеграції з перспективними системами цифрового управління територіями (рис. 3.5).

Отже, виконано практичну реалізацію цифрового картографічного моделювання території міста Київ із використанням інструментів геоінформаційних систем та сформовано комплексну цифрову геопросторову модель міського середовища. Реалізація поставлених завдань дозволила перейти від теоретичних положень та методичних підходів, розглянутих у попередніх розділах, до створення інтегрованого цифрового картографічного продукту, придатного для просторового аналізу, візуалізації та подальшого практичного застосування.

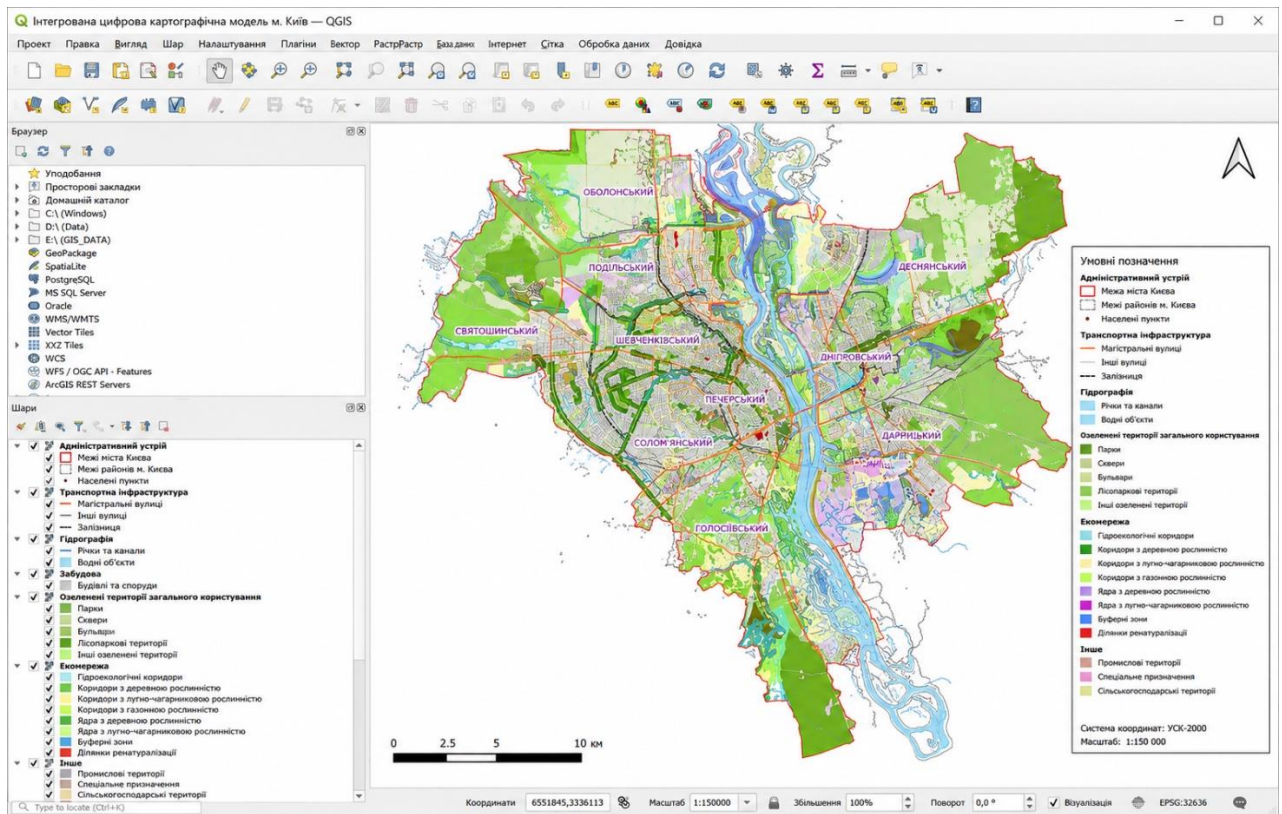


Рисунок 3.7 – Підсумкова інтегрована цифрова картографічна модель території міста Київ у середовищі QGIS

У процесі виконання дослідження сформовано цифрову геопросторову основу території міста Київ шляхом інтеграції різномірних джерел просторової інформації у межах єдиного геоінформаційного середовища. Виконано структурування вихідних геоданих, їх координатне узгодження, тематичне групування та організацію відповідно до сучасних принципів побудови геоінформаційних баз даних. Сформована структура забезпечила можливість подальшої обробки інформації та створення багаторівневої цифрової картографічної моделі.

У ході створення цифрової геопросторової основи виконано формування системи базових і тематичних шарів, які охопили адміністративний устрій, транспортну інфраструктуру, забудову, природно-рекреаційний каркас, водні об'єкти, функціональне використання територій та результати просторового аналізу. Такий підхід дозволив сформувати цілісне просторове середовище та забезпечити логічну інтеграцію великої кількості просторових об'єктів.

Практична частина дослідження була реалізована у програмному середовищі QGIS, що забезпечило виконання повного циклу геоінформаційної обробки — від імпорту та організації даних до створення кінцевих цифрових картографічних матеріалів. Застосування відкритого програмного забезпечення дозволило сформувати масштабовану та придатну до подальшого оновлення модель території міста.

У межах побудови цифрової картографічної моделі було виконано створення тематичних картографічних представлень, які дозволили відобразити просторову структуру території та результати аналітичної обробки геоданих. Особливу увагу приділено візуалізації зеленої інфраструктури та природного каркасу міста.

У процесі моделювання сформовано цифрову тематичну карту просторового розподілу озелених територій загального користування міста Київ, що дозволило виявити просторові закономірності розміщення елементів зеленої інфраструктури та оцінити їх інтеграцію у структуру міського середовища. Перехід від статичного картографічного відображення до цифрової ГІС-моделі забезпечив можливість масштабування, оновлення інформації та подальшого виконання аналітичних процедур.

Окремим результатом стало створення цифрової картографічної моделі екомережі території міста Київ, у межах якої реалізовано інтеграцію природних ядер, екологічних коридорів, буферних зон та інших елементів природного каркасу міста. Побудована модель дозволила підвищити інформативність картографічного представлення та створила передумови для подальшого використання результатів у задачах просторового планування та моніторингу територій.

На завершальному етапі виконано інтеграцію всіх сформованих шарів та аналітичних результатів у єдину цифрову картографічну модель території міста Київ. Реалізовано структуру, яка забезпечує підтримку просторового аналізу, тематичного картографування, оновлення інформації та можливість експорту результатів у сучасні геоінформаційні формати.

Отримана інтегрована цифрова модель має практичне значення та може бути використана для вирішення широкого спектра прикладних завдань: підтримки містобудівного планування, просторового моніторингу територій, аналізу міського середовища, підготовки картографічних матеріалів, оцінювання територіального розвитку та створення елементів цифрового управління містом.

Таким чином, результати третього розділу підтвердили ефективність застосування інструментів геоінформаційних систем для створення сучасних цифрових картографічних моделей та продемонстрували можливість використання побудованої геопросторової моделі як базової інформаційної платформи для подальшого розвитку цифрових технологій управління територією міста Київ.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Організація безпечних умов праці при виконанні геоінформаційних та картографічних робіт

Сучасний розвиток геоінформаційних технологій суттєво змінив характер професійної діяльності у сфері геодезії, картографії та просторового аналізу. Значна частина робіт, пов'язаних зі створенням цифрових картографічних моделей, виконується у цифровому середовищі із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення, комп'ютерних засобів обробки інформації та геоінформаційних систем. У зв'язку з цим забезпечення належних умов охорони праці набуває особливої актуальності та виступає необхідною складовою організації робочого процесу.

Під час виконання геоінформаційних та картографічних робіт працівник взаємодіє із комплексом технічних засобів, які включають персональні комп'ютери, монітори, серверне обладнання, периферійні пристрої, засоби введення інформації та спеціалізоване програмне забезпечення для роботи з геопросторовими даними.

Особливістю виконання таких робіт є тривале перебування працівника у статичному положенні, високий рівень концентрації уваги, значне інформаційне навантаження та необхідність одночасної роботи з великою кількістю графічної інформації.

Організація безпечних умов праці при виконанні цифрового картографування повинна забезпечувати:

- мінімізацію впливу виробничих факторів;
- збереження працездатності персоналу;
- підтримання необхідного рівня ергономіки;
- профілактику професійної втоми;
- забезпечення безперервності виробничого процесу.

До основних потенційних небезпечних факторів під час виконання геоінформаційних робіт відносяться:

- підвищене навантаження на органи зору;
- статичне навантаження опорно-рухового апарату;
- психоемоційне напруження;
- вплив електромагнітного випромінювання обладнання;
- перевантаження інформаційними потоками.

Організація робочого місця оператора ГІС повинна відповідати сучасним ергономічним вимогам.

Робоча зона повинна забезпечувати:

- достатній простір для розміщення обладнання;
- можливість зміни робочої пози;
- правильне положення монітора;
- достатній рівень освітлення;
- безпечне розташування кабельної інфраструктури.

Монітор рекомендується розташовувати на відстані 50–70 см від очей користувача, при цьому верхня межа екрана повинна знаходитися приблизно на рівні очей або трохи нижче.

Клавіатура повинна розміщуватись таким чином, щоб забезпечити природне положення кистей рук без надмірного згинання.

Особливе значення має забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Для приміщень, у яких виконуються роботи з використанням комп'ютерної техніки, рекомендується підтримувати:

Таблиця 4.1 – Рекомендовані параметри виробничого середовища для виконання геоінформаційних робіт

Показник	Рекомендоване значення
Температура повітря	20–24 °С
Відносна вологість	40–60 %
Швидкість руху повітря	до 0,2 м/с
Освітленість робочої поверхні	300–500 лк
Рівень шуму	до 50 дБ

Для забезпечення комфортних умов праці необхідно використовувати комбіноване освітлення.

Перевага повинна надаватися природному освітленню з додатковим застосуванням світлодіодних систем загального освітлення. При цьому необхідно уникати виникнення відблисків на екранах та різкого контрасту між освітленням приміщення та монітором.

Під час виконання картографічних робіт рекомендується дотримуватись режиму праці та відпочинку.

У випадку безперервної роботи за комп'ютером доцільно передбачати:

- короткочасні перерви через кожні 50–60 хвилин роботи;
- зміну виду діяльності;
- виконання вправ для очей;
- періодичну зміну положення тіла.

Особливу увагу необхідно приділяти організації інформаційної безпеки та захисту результатів геоінформаційного моделювання.

Для цього рекомендується:

- використовувати резервне копіювання;
- контролювати доступ до даних;
- застосовувати антивірусний захист;
- використовувати захищені канали передачі інформації.

Таким чином, організація безпечних умов праці під час виконання

геоінформаційних та картографічних робіт передбачає комплексний підхід, який включає ергономіку робочого місця, контроль параметрів виробничого середовища, оптимізацію режиму роботи та впровадження сучасних засобів інформаційної безпеки. Реалізація зазначених заходів дозволяє підвищити ефективність виконання цифрового картографування та забезпечити безпечні умови праці при роботі із геопросторовими даними.

4.2 Вимоги охорони праці під час збору, обробки та аналізу геопросторових даних

У сучасних умовах розвитку геоінформаційних технологій процес створення цифрових картографічних моделей охоплює комплекс взаємопов'язаних операцій зі збору, підготовки, обробки, аналізу та візуалізації геопросторових даних. Кожен із зазначених етапів супроводжується специфічними виробничими чинниками, які можуть впливати на безпеку працівників та ефективність виконання робіт. У зв'язку з цим організація охорони праці під час виконання геоінформаційних досліджень повинна розглядатися як невід'ємна складова технологічного процесу.

Особливістю геоінформаційних робіт є поєднання офісних процедур цифрової обробки інформації з елементами дистанційного збору даних, використанням зовнішніх джерел геопросторової інформації та виконанням аналітичних операцій у спеціалізованому програмному середовищі. На відміну від класичних виробничих процесів, небезпечні фактори при роботі з геоданими часто мають прихований характер та пов'язані переважно з інформаційними, ергономічними та організаційними ризиками.

Першим етапом виконання робіт є збір вихідної геопросторової інформації. Для побудови цифрових картографічних моделей використовуються результати дистанційного зондування Землі, відкриті картографічні ресурси, матеріали геодезичних вимірювань, цифрові моделі рельєфу, бази просторових даних та результати тематичних досліджень.

Незалежно від джерела походження даних необхідно забезпечити контроль їх якості та достовірності.

Однією з основних вимог безпеки є організація перевірки вихідних матеріалів перед їх інтеграцією у робоче середовище. Використання некоректних або пошкоджених наборів геоданих може призводити не лише до втрати результатів аналізу, але й до перевантаження програмних засобів та нестабільності функціонування інформаційних систем.

Під час завантаження великих масивів геопросторової інформації особливу увагу необхідно приділяти раціональному використанню обчислювальних ресурсів. Обробка супутникових матеріалів високої роздільної здатності, цифрових моделей поверхні та багатошарових картографічних проєктів супроводжується значним навантаженням на центральний процесор, оперативну пам'ять і графічну підсистему комп'ютера.

Для запобігання перевантаженню обладнання необхідно організувати обробку інформації поетапно із застосуванням процедур оптимізації даних, обмеження робочих областей та регулярного резервного збереження результатів.

Особливо важливим напрямом охорони праці є забезпечення безпеки під час виконання аналітичних процедур у геоінформаційних системах. Робота з просторовими моделями супроводжується високою концентрацією уваги та тривалим аналізом великої кількості графічних елементів, що створює додаткове когнітивне навантаження.

При виконанні просторового аналізу рекомендується організувати робочий процес таким чином, щоб складні аналітичні операції чергувалися з менш інтенсивними етапами роботи. Такий підхід дозволяє підтримувати стабільний рівень працездатності та знижує ризик виникнення помилок.

Під час роботи із системами цифрового картографування особливе значення має дотримання правил інформаційної безпеки. Геопросторові набори даних можуть містити значний обсяг технічної, інфраструктурної або службової інформації, тому необхідно забезпечити контроль доступу до

проектів та організувати систему збереження результатів.

До основних заходів інформаційного захисту відносяться використання багаторівневої автентифікації, контроль версій проектів, створення резервних копій та застосування антивірусного програмного забезпечення.

Окрему увагу необхідно приділяти процедурі резервного копіювання геоінформаційних проектів. Втрата цифрових картографічних матеріалів або пошкодження баз даних може призвести до необхідності повторного виконання значного обсягу робіт.

Практика виконання геоінформаційних проектів свідчить про доцільність реалізації комбінованого підходу до збереження інформації, який передбачає використання локального резервування, мережевих сховищ та архівування завершених етапів моделювання.

Під час аналізу просторових даних необхідно також враховувати психологічні аспекти професійної діяльності. Робота з великими обсягами інформації часто супроводжується інформаційним перевантаженням, накопиченням втоми та зниженням концентрації уваги. Для підтримання ефективності рекомендується використовувати структуровані сценарії роботи, планування послідовності операцій та автоматизацію повторюваних процесів.

У випадках виконання польових етапів збору геопросторових даних необхідно дотримуватись загальних вимог безпеки під час роботи на місцевості, враховувати погодні умови, транспортні ризики та особливості експлуатації вимірювального обладнання.

Таким чином, забезпечення охорони праці під час збору, обробки та аналізу геопросторових даних повинно базуватися на комплексному підході, що поєднує технічні, організаційні, інформаційні та ергономічні заходи. Реалізація зазначених вимог дозволяє мінімізувати професійні ризики, забезпечити стабільність виконання геоінформаційних процесів та підвищити ефективність створення цифрових картографічних моделей.

4.3 Безпечна експлуатація комп'ютерного обладнання та програмних комплексів ГІС

У сучасних умовах цифровізації просторових досліджень основний обсяг робіт зі створення цифрових картографічних моделей виконується із застосуванням комп'ютерного обладнання та спеціалізованих програмних комплексів геоінформаційного аналізу. Геоінформаційні системи забезпечують інтеграцію, обробку, аналіз і візуалізацію великих масивів геопросторових даних, що супроводжується інтенсивним використанням обчислювальних ресурсів та тривалим перебуванням користувача у взаємодії з цифровим середовищем. У зв'язку з цим питання безпечної експлуатації комп'ютерного обладнання набувають особливого значення.

Особливістю виконання ГІС-робіт є високі вимоги до технічних характеристик обладнання та стабільності його функціонування. Побудова цифрових моделей територій, обробка супутникових матеріалів, робота з багатоплановими картографічними проектами та просторове моделювання створюють значне навантаження на процесорні ресурси, оперативну пам'ять, системи зберігання інформації та графічні підсистеми.

Безпечна експлуатація комп'ютерної техніки передбачає дотримання комплексу організаційних, технічних та експлуатаційних заходів, спрямованих на забезпечення стабільної роботи обладнання та мінімізацію ризиків для користувача.

До початку виконання робіт необхідно здійснювати перевірку технічного стану обладнання. Особлива увага повинна приділятися цілісності кабельних з'єднань, працездатності систем охолодження, справності джерел електроживлення та відсутності ознак перегрівання.

Під час експлуатації комп'ютерного обладнання для роботи із ГІС рекомендується забезпечувати достатню вентиляцію робочої станції та уникати перекриття вентиляційних отворів корпусу. Робота із просторовими даними

часто супроводжується високим навантаженням на обчислювальні ресурси, що може спричиняти суттєве підвищення температури компонентів.

Для підтримання стабільності роботи необхідно здійснювати регулярний моніторинг:

- температури центрального процесора;
- температури графічного адаптера;
- використання оперативної пам'яті;
- завантаження накопичувачів;
- стану системи охолодження.

Особливе значення має організація електробезпеки.

Підключення обладнання повинно здійснюватися виключно через справні мережеві пристрої із використанням заземлення та засобів захисту від перепадів напруги. Для систем, що виконують довготривалі процеси обробки геоданих, доцільним є використання джерел безперебійного живлення.

Під час роботи із програмними комплексами ГІС необхідно враховувати специфіку функціонування сучасного програмного забезпечення.

До найбільш поширених ризиків належать:

- аварійне завершення роботи програм;
- пошкодження проєктних файлів;
- втрата просторових даних;
- конфлікти між версіями програмних компонентів;
- перевантаження пам'яті.

Для мінімізації зазначених ризиків необхідно забезпечувати регулярне оновлення програмних комплексів та контроль сумісності використовуваних форматів даних.

Під час роботи з геоінформаційними системами особливого значення набуває організація структури зберігання проєктів. Просторові дані повинні зберігатися у стандартизованій структурі каталогів із використанням логічного групування інформації.

Рекомендується виділяти окремі директорії для:

- вихідних даних;
- оброблених матеріалів;
- проміжних результатів;
- картографічних продуктів;
- архівних копій.

При роботі з цифровими картографічними моделями необхідно використовувати автоматичне збереження результатів та механізми резервування. У випадку роботи з великими проєктами резервне копіювання повинно виконуватися не лише після завершення роботи, але й у процесі виконання окремих етапів моделювання.

Окрему увагу необхідно приділяти питанням кібербезпеки.

Сучасні геоінформаційні проєкти часто інтегруються з хмарними сервісами, веб-картографічними платформами та віддаленими базами даних, що створює додаткові ризики несанкціонованого доступу до інформації.

Для забезпечення безпеки цифрових картографічних матеріалів доцільно застосовувати:

- багаторівневу систему автентифікації;
- обмеження прав доступу;
- шифрування архівів;
- перевірку зовнішніх файлів;
- використання ліцензійного програмного забезпечення.

Особливу увагу необхідно приділяти ергономіці взаємодії з програмними комплексами ГІС.

Через значну кількість інструментів та велику щільність інформації на екрані користувач може піддаватися підвищеному когнітивному навантаженню. Для підвищення ефективності роботи рекомендується застосовувати персоналізацію інтерфейсу, використання шаблонів проєктів та автоматизацію типових процедур.

У випадку виконання тривалих обчислювальних процесів доцільно використовувати механізми фонові обробки даних, що дозволяє знизити навантаження на користувача та підвищити стабільність роботи системи.

Таким чином, безпечна експлуатація комп'ютерного обладнання та програмних комплексів геоінформаційного аналізу є необхідною умовою ефективного створення цифрових картографічних моделей територій. Комплексне дотримання вимог електробезпеки, інформаційного захисту, контролю технічного стану обладнання та організації цифрового робочого середовища дозволяє забезпечити стабільність функціонування ГІС, знизити ризики втрати інформації та створити безпечні умови професійної діяльності під час виконання геоінформаційних і картографічних робіт.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано розробку цифрової картографічної моделі території міста Київ із використанням інструментів геоінформаційних систем та реалізовано комплексний підхід до формування сучасного цифрового геопросторового середовища для аналізу, візуалізації та підтримки прийняття управлінських рішень.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що сучасні процеси урбанізації, інтенсивний розвиток міської інфраструктури та необхідність оперативного оновлення просторової інформації формують потребу у переході від традиційних методів картографування до цифрових технологій моделювання територій. Застосування геоінформаційних систем забезпечує інтеграцію великої кількості різномірних джерел інформації та створює основу для формування багаторівневих цифрових картографічних моделей.

У першому розділі досліджено теоретичні засади цифрового картографування та геоінформаційного моделювання територій. Проведено аналіз сучасних підходів до організації геопросторової інформації та визначено роль цифрових картографічних моделей у системі управління урбанізованими територіями. Розглянуто основні джерела геопросторових даних та встановлено, що найбільш ефективним підходом до створення сучасних цифрових моделей є інтеграція супутникових матеріалів, геодезичних вимірювань, відкритих геоданих, матеріалів дистанційного зондування та спеціалізованих геоінформаційних ресурсів.

У другому розділі розроблено методика формування цифрової картографічної моделі території міста з використанням інструментів ГІС. Виконано аналіз та підготовку вихідних геопросторових даних, сформовано підходи до створення цифрових картографічних шарів та організації геоінформаційної бази даних. Обґрунтовано застосування методів просторового аналізу, що забезпечують інтеграцію, структурування та аналітичну обробку інформації у межах єдиного цифрового середовища.

У межах дослідження визначено, що створення ефективної цифрової картографічної моделі потребує дотримання принципів координатної узгодженості, стандартизації структури геоданих, багаторівневої організації інформації та забезпечення можливості її подальшого оновлення.

У третьому розділі виконано практичну реалізацію цифрової картографічної моделі території міста Київ. Сформовано цифрову геопросторову основу території, виконано інтеграцію тематичних картографічних шарів та реалізовано комплексну структуру геоінформаційного середовища у програмному комплексі QGIS.

У процесі виконання роботи створено набір цифрових тематичних моделей, які забезпечують просторовий аналіз території міста та дозволяють виконувати інтегровану візуалізацію просторових характеристик міського середовища. Особливу увагу приділено формуванню тематичних карт озелених територій загального користування та моделюванню природного каркасу міста із використанням сучасних інструментів цифрового картографування.

Результатом виконання роботи стало створення інтегрованої цифрової картографічної моделі території міста Київ, яка поєднує просторові, тематичні та аналітичні дані в межах єдиної геоінформаційної структури. Розроблена модель забезпечує можливість виконання просторового аналізу, оновлення інформації, тематичного картографування та підготовки цифрових картографічних матеріалів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання створеної цифрової моделі для вирішення прикладних задач просторового розвитку міста, підтримки містобудівного планування, аналізу територіального використання, оцінювання міського середовища та підготовки управлінських рішень.

Отримані результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування, установами містобудівного профілю, підприємствами у сфері

геодезії та картографії, а також у навчальному процесі під час підготовки фахівців за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій».

Подальший розвиток дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію створеної цифрової картографічної моделі із технологіями веб-ГІС, використання методів штучного інтелекту для автоматизації аналізу геоданих, застосування цифрових двійників територій та впровадження інтелектуальних механізмів моніторингу змін міського середовища.

Значна увага була приділена питанням з охорони праці.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Берлянт А. М. Картографія : підручник. Київ : Знання, 2014. 487 с.
2. Бурачек В. Г., Молчанов О. І., Третяк А. М. Геоінформаційні системи та бази даних : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 392 с.
3. Бурштинська Х. В., Поліщук Б. В., Ковальчук О. Ю. Дослідження методів класифікації територій з використанням космічних знімків високої розрізненості. Геодезія, картографія та аерофотознімання. 2013. Вип. 78. С. 101–110.
4. Величко О. М. Геоінформаційне моделювання міських територій : монографія. Київ : Логос, 2018. 328 с.
5. Генеральний план міста Києва та його приміської зони. Київська міська державна адміністрація. URL: <https://kyivcity.gov.ua/>
6. Геоінформаційні системи і бази геоданих : підручник / за ред. А. М. Третяка. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 520 с.
7. Геопросторові дані та інфраструктура геопросторових даних : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2021. 284 с.
8. Державна служба статистики України. Статистичний збірник «Регіони України». URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
9. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13.04.2020 № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20>
10. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>
11. Інфраструктура геопросторових даних України. Національний геоportal. URL: <https://nsdi.gov.ua/>
12. Костріков С. В. Геоінформаційне моделювання природних і урбанізованих систем : монографія. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2016. 484 с.
13. Офіційний геоportal відкритих даних міста Київ. URL: <https://kyivcity.gov.ua/>

14. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М. Землеустрій та геоінформаційні системи : навчальний посібник. Київ : Аграрна наука, 2016. 548 с.
15. QGIS Documentation. Official QGIS Project Documentation. URL: <https://docs.qgis.org/>
16. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. Geographic Information Systems and Science. 4th ed. Hoboken : Wiley, 2015. 477 p.
17. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of Geographical Information Systems. Oxford : Oxford University Press, 2015. 401 p.
18. Janowicz K., Gao S., McKenzie G., Hu Y., Bhaduri B. GeoAI: Spatially Explicit Artificial Intelligence Techniques for Geographic Knowledge Discovery and Beyond. International Journal of Geographical Information Science. 2020. Vol. 34(4). P. 625–636.
19. Zhu X. X., Tuia D., Mou L., Xia G.-S., Zhang L., Xu F., Fraundorfer F. Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. 2017. Vol. 5(4). P. 8–36. DOI: 10.1109/MGRS.2017.2762307.
20. Nesterenko S., Musiienko K. Methods of neural network modeling and artificial intelligence in the development and operation of municipal geographic information systems. Primedia eLaunch. Boston, USA, 2025. 126 p. URL: <https://isg-konf.com/979-8-89814-216-2/>