

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**  
**Географічний факультет**  
**Кафедра геодезії та картографії**

На правах рукопису УДК 528.9 : 004.4

**ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ГІС ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗОНУВАННЯ**  
**ТЕРИТОРІЇ ВЕЛИКОГО МІСТА**

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)  
Галузь знань 19 — «Архітектура та будівництво»  
Спеціальність 193 — «Геодезія та землеустрій»  
Освітня програма — «Землеустрій та кадастр»

Кваліфікаційна робота магістра  
студента 2 курсу  
освітнього рівня магістр  
Омеляненко Максима Олександровича

Науковий керівник:  
Міхно Олексій Григорович  
кандидат технічних наук, доцент

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л.М.

КИЇВ—2025

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	6
1.1. Поняття геоінформаційного аналізу території	6
1.2. Нормативне забезпечення геоінформаційного аналізу території	16
1.3. Аналіз існуючих досліджень упорядкування урбанізованої території	23
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	36
РОЗДІЛ 2 НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ МІСТА КИЄВА	37
2.1. Досвід застосування геоінформаційних систем для моніторингу земель	37
2.2. Напрями геоінформаційного аналізу впливу зонування території	40
2.3. Аналіз даних урбанізованої території в QGIS	44
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	56
РОЗДІЛ 3 ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ЗОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЄВА	57
3.1. Загальні відомості про територію, що аналізується	57
3.2. Геопросторовий аналіз території Києва за придатністю до забудови	59
3.3. Статистичний аналіз території Києва на розвиток житлової забудови	61
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	65
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Стрімке зростання можливостей геоінформаційних технологій у сфері обробки та аналізу просторових даних призвело до значного зростання ролі геоінформаційних систем у різних сферах людської діяльності.

Термін «великі дані» все частіше використовується для характеристики різноманітних нових форматів даних, які генеруються нашим стилем життя, що все більше оцифровується, зв'язується та підтримує GNSS (супутникову систему навігації). Існують величезні дані спостережень, які стають все більш географічними та часовими, і змінюють характер аналізу даних. Від часу, коли всі дані були просторовими, ми рухаємося до ери просторово-часових даних, що збираються в часі та просторі. Дослідження геоінформаційних систем зосереджено на просторово-часових відносинах [1]. Багато процесів, мають періодичність, яка потребує синхронізації між фазою процесу, що розглядається, і часом спостереження, а не просто близькості в часі [2]. Виявлення часових закономірностей потребує обробки часових рядів, щоб гарантувати відповідність фази спостереження (даних) частоті процесу. Дані дистанційного зондування величезні, крім обсягу, вони відрізняються значною різноманітністю, від того, що фіксується датчиками, до того, як дані подаються користувачам, із варіаціями розміру пікселя, спектральних областей вибірки, частоти повторного перегляду тощо. Через величезний обсяг і різноманітність дані дистанційного зондування вважаються «великими даними дистанційного зондування» [5]. Вченими запропоновані аналітичні методології для великих наборів даних дистанційного зондування, частково для вирішення поширеної проблеми та потреби в обробці в реальному часі.

Оцінка придатності землі – це передбачення придатності землі для певного типу землекористування на території, це забезпечує логічну основу для планування землекористування, особливо в країнах, що розвиваються. Одним із ключових питань планування землекористування є визначення

відповідних місць для міської забудови на периферійних територіях міст. Рішення щодо землекористування для сталого міського розвитку потребують урахування різних фізичних, екологічних, демографічних, природних, економічних, планувальних, соціальних та управлінських факторів. Поєднання цих факторів у процесі прийняття рішень не завжди є легким завданням, оскільки ці рішення будуть прийматися для оцінки придатності землі для конкретного призначення. Це забезпечує більший огляд розвитку та планування земель цих територій і підтримує використання ресурсів відповідно до наукової логічної основи. Вчені провели багато досліджень щодо оцінки придатності землі; у 1960-х роках оцінка придатності земель була основою для міського планування, а з 1970-х років методи геоінформаційних систем сприяли розвитку оцінки придатності земель. Наздоганяючи нові досягнення в технологіях збору та обробки даних, техніка аналізу придатності землі застосовується в різних сферах, включаючи оцінку придатності врожаю, ландшафтне планування та безпеки, вода управління та планування, оцінка впливу на навколишнє середовище, оцінка землекористування та сталий розвиток міст.

Методи геоінформаційних систем є потужними інструментами для моніторингу міських і екологічних змін, їх впливу на екологічну систему. Аналіз придатності землі за допомогою геоінформаційних систем є процесом визначення оптимальних місць для забудови з урахуванням екологічної стійкості. Інші інструменти інтегровані з методами геоінформаційних систем для визначення важливості та ваги критеріїв, які використовуються в аналітичному процесі. Інтеграція методів геоінформаційних систем і багатокритеріального аналізу рішень вважається потужним підходом для оцінки придатності землі. Планування стійкості покращує аналіз придатності, який є складним процесом, оскільки залежить від різних факторів і критеріїв, які слід брати до уваги під час аналізу оцінки придатності [6].

**Об'єктом дослідження є зонування території великого міста.**

**Предметом дослідження** є геоінформаційний аналіз зонування території великого міста,

**Мета дослідження** – геоінформаційний аналіз впливу зонування території Києва на розвиток житлової забудови.

**Теоретичною та методологічною основою магістерської роботи** є нормативні законодавчі акти України та інших країн Європи.

**Структура роботи.** Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел і літератури.

Кількість сторінок – 75

Кількість таблиць – 3

Кількість рисунків – 3

Кількість використаних джерел – 59.

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

### 1.1. Поняття геоінформаційного аналізу території

Перша геоінформаційна система (ГІС) була створена «батьком ГІС» – Роджером Томлінсоном – у 1960-х роках у Канаді для Канадської земельної інвентаризації [42]. Тобто ГІС створювалися і використовувалися для різних завдань понад 50 років. З роками виникла галузь інформатики, яка має справу з просторовою (просторово розподіленою, просторово координованою) інформацією. Вона називається геоінформатикою і визначається як наука, технології та прикладна діяльність, пов'язана зі збором, зберіганням, обробкою, аналізом і відображенням просторових даних, а також проектування, створення та використання ГІС [20]. Одне з найпоширеніших визначень ГІС таке: «програмно-апаратний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення та розповсюдження просторово координованих даних, інтеграцію даних, інформації та знання про територію для їх ефективного використання у вирішенні наукових і прикладних завдань та задач пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням та управлінням навколишнім середовищем і територіальною організацією суспільства». ГІС – це інформаційна система, призначена для роботи з просторовими або географічними даними [43]. Інформаційна система – набір підсистем, які реалізують:

- процеси збору та введення даних;
- їх попередню обробку;
- маніпулювання даними;
- аналіз даних та інформації;
- генерування результатів.

ГІС також відноситься до системи управління просторовими даними та атрибутами. Це комп'ютерна система, яка дозволяє використовувати,

зберігати, редагувати, аналізувати та відображати географічні дані [45]. Існує чотири підходи до визначення ГІС, орієнтовані, відповідно, на: процеси, програми, бази даних, інструменти [46]. Визначення ГІС [43] відноситься до процесно-орієнтованого підходу. Він був основним у запропонованій Концепції багатоцільової національної ГІС (НГІС) України [46]. Процесно-орієнтоване визначення ГІС в даний час є найбільш поширеним в Україні.

Геоінформаційні системи працюють з наборами геопросторових даних. Набір геопросторових даних – ідентифікована сукупність даних, на які поширюється одна і та ж специфікація геопросторових даних [47].

Інформаційне забезпечення національної інфраструктури геопросторових даних включає:

- геоінформаційні ресурси у вигляді баз геопросторових даних та каталогів і баз метаданих;
- метадані окремих геопросторових об'єктів, наборів геопросторових даних, комплектів наборів геопросторових даних та геоінформаційних сервісів;
- інформаційне забезпечення створення і використання геоінформаційних ресурсів:
- специфікації геопросторових даних;
- тематичні словники та класифікатори;
- технічні регламенти і стандарти моделювання геопросторових даних та метаданих;
- стандартні протоколи доступу та інтерфейси прикладного програмування сервісів та інші нормативно-технічні документи.

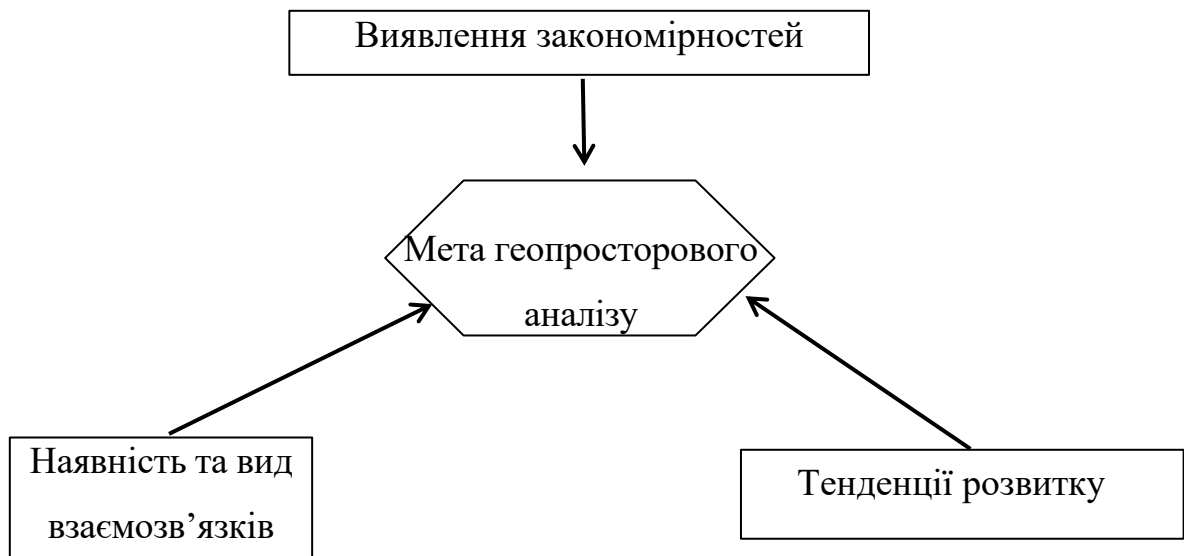
До геоінформаційних ресурсів національної інфраструктури геопросторових даних, що використовуються для створення та оновлення наборів геопросторових даних, відносять:

- банк геодезичних даних;
- бази топографічних даних;
- бази цифрових топографічних карт;
- бази цифрових топографічних планів;

- бази наборів базових геопросторових даних;
- бази наборів тематичних геопросторових даних;
- бази геопросторових даних у складі інформаційних систем кадастрів та реєстрів;
- дані дистанційного зондування Землі;
- цифрові моделі рельєфу;
- цифрові моделі місцевості;
- бази даних географічних назв;
- бази даних реєстрів вулиць і адрес;
- бази довідкових даних, у тому числі відомості, що перебувають у розпорядженні органів державної влади та органів місцевого самоврядування та підлягають відображенню з використанням просторової прив'язки за координатами та/або географічними ідентифікаторами [47].

Функціональні можливості ГІС реалізуються в просторовому аналізі, через аналіз географічної інформації, після якого ГІС здатна відповісти на будь-яке питання щодо взаємодії просторових об'єктів з наборами даних, виконання простого відображення та складних багатокрокових аналітичних геоінформаційних моделей. Результат однієї операції аналізу чи процедури можна використовувати в іншій. Геопросторовий аналіз найчастіше виконується з такою метою:

- виявлення закономірностей у структурі множини об'єктів або особливостей розподілу об'єктів, а також їхніх характеристик у просторі;
- наявності та виду взаємозв'язків у просторовому розподілі декількох класів об'єктів або окремих характеристик;
- тенденцій розвитку географічних явищ у просторі та в часі.



**Рис. 1.1.1. Мета геопросторового аналізу**

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) мають потужний набір засобів для аналізу просторової та атрибутивної інформації. Ці інструменти дозволяють ефективно досліджувати об'єкти міського середовища, їхні властивості, взаємне розташування, просторові залежності та зміни, що відбуваються у міському просторі. Саме ці можливості роблять ГІС незамінним інструментом для дослідження, планування та коригування зонування території великого міста.

Завдяки просторовому аналізу можна визначати межі об'єктів, розраховувати їхні розміри, відстані, площі та обсяги, оцінювати ступінь охоплення тією чи іншою інфраструктурою або обмеженнями. ГІС дає змогу виявляти наявні просторові конфлікти, визначати зони впливу об'єктів, аналізувати густоту забудови, транспортну доступність та інші ключові параметри міського середовища. Просторовий аналіз також дозволяє моделювати наслідки зміни класифікаційних параметрів або розташування об'єктів, що особливо важливо при внесенні змін до містобудівної документації.

Базові методи просторового аналізу в ГІС формують основу для вивчення структури міста та його функціонального зонування. Серед них вирізняються наступні:

- Оверлейні операції (overlay analysis) — це накладання кількох шарів просторових даних з метою отримання нового шару, який поєднує атрибутивну інформацію вхідних даних. Наприклад, накладання шару зонування на шар фактичного землекористування дозволяє виявити зони невідповідності.
- Мережевий аналіз (network analysis) використовується для оцінки доступності об'єктів або аналізу потоків у транспортній чи інженерній мережі. У містах він застосовується для моделювання транспортного навантаження, аналізу під'їздів до зон забудови тощо.
- Аналіз близькості (proximity analysis) дозволяє визначити, наскільки близько один об'єкт або група об'єктів розташовані до інших. Його застосування є ключовим, наприклад, для оцінки впливу шумових зон від автошляхів на житлову забудову.
- Пошук об'єктів (spatial query) дає змогу ідентифікувати об'єкти, які відповідають певним просторовим або атрибутивним критеріям. Це може бути пошук усіх ділянок у межах певної зони або з визначеним функціональним призначенням.
- Прогнозування (prediction) у ГІС здійснюється на основі моделей просторового розвитку, які враховують історичні тенденції, нормативи та обмеження. Такий підхід дозволяє будувати сценарії майбутнього використання територій.
- Аналіз видимості-невидимості (viewshed analysis) особливо актуальний у випадках забудови прибережних або історичних зон, де необхідно контролювати вплив нових об'єктів на візуальні коридори.
- Картометричні функції дають можливість здійснювати вимірювання довжин, площ, периметрів і кутів. У містобудівному аналізі це важливо для оцінки щільності забудови, площі зон, розрахунку нормативних відстаней тощо.
- Декомпозиція і об'єднання об'єктів застосовується для деталізації або агрегування територіальних одиниць. Наприклад, можна розбити велику

зону на дрібніші або, навпаки, об'єднати суміжні ділянки із схожим функціональним призначенням.

- Інтерполяція та інші геостатистичні методи використовуються для створення поверхонь за точковими даними, наприклад, розподілу рівня шуму або щільності населення на основі обмежених замірів.
- Створення контурів (contouring) дозволяє будувати ізолінії за значеннями певного показника — наприклад, рівня забруднення повітря або шумового навантаження.
- Зонування (zoning) як метод передбачає просторове групування територій відповідно до певних нормативних, функціональних або природних критеріїв. Це центральна концепція для досліджень, пов'язаних із містобудівним плануванням.
- Перекласифікація (reclassification) використовується для зміни значень у атрибутивній таблиці або растровому шарі з метою спрощення аналізу або приведення до нормативної градації (наприклад, переведення умов землекористування в класи функціонального зонування).
- Буферизація (buffering) — це створення зон впливу на певній відстані навколо об'єктів (доріг, річок, підприємств тощо). У зонуванні вона застосовується, зокрема, для врахування санітарно-захисних зон або зон обмеженого будівництва.

Методика просторового аналізу базується на чіткому алгоритмі дій, який включає визначення мети дослідження, підбір вихідних геопросторових даних, вибір методів аналітичної обробки, безпосереднє виконання геообробки та, зрештою, інтерпретацію отриманих результатів. Кожен із цих етапів потребує ретельного підходу, що враховує як технічні можливості програмного забезпечення, так і змістовні особливості вхідної інформації. Застосування ГІС-інструментів дає змогу не лише ефективно опрацювати великі масиви даних, а й забезпечити прозорість та відтворюваність отриманих результатів.

У контексті аналізу зонування міської території процес просторового аналізу доцільно розглядати як послідовність п'яти логічно пов'язаних етапів: постановка проблеми, розуміння характеру вихідних даних, вибір методу аналізу, геообробка та оцінка результатів. Кожен із цих етапів є критично важливим для забезпечення цілісності та наукової обґрунтованості дослідження. Нижче подано розгорнутий опис кожного з них.

1. Постановка проблеми - етап дослідження формулювання конкретної проблеми, яка має бути вирішена за допомогою інструментів геоінформаційних систем. У контексті аналізу зонування території великого міста це, як правило, отримання інформації про відповідність фактичного землекористування функціональному призначенню територій відповідно до містобудівної документації. Також може ставитися завдання виявлення зон конфліктного використання, нераціонального просторового планування або територій, придатних для змін у зонуванні. Постановка проблеми передбачає чітке визначення цілей, які ГІС-користувач прагне досягти шляхом аналізу просторових даних.

2. Розуміння даних користувача - наступний етап пов'язаний із глибоким аналізом характеру та якості наявних у користувача геопросторових даних. Цей етап є критичним, оскільки саме дані визначають можливості та обмеження аналітичного процесу. У дослідженні зонування можуть використовуватися векторні дані (межі зон, кадастрові ділянки, транспортна мережа), растрові підоснови (супутникові знімки, ортофотоплани), а також таблична інформація (атрибути зон, нормативні показники, соціально-економічні характеристики територій). Розуміння точності, структури, атрибутивного складу та актуальності даних дозволяє правильно обрати інструменти ГІС-аналізу.

3. Вибір методу аналізу передбачає обґрунтований вибір методу аналізу, який дозволить досягти поставлених цілей на основі доступних даних. В залежності від типу задачі можуть використовуватися різні методи: просторове накладання шарів (overlay), буферний аналіз, аналіз видимості,

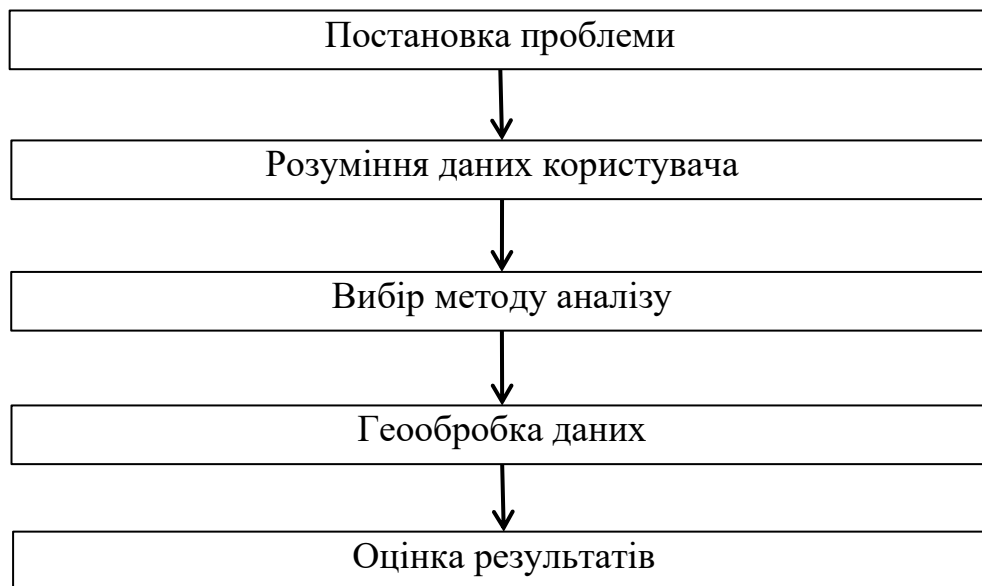
топологічний контроль, аналіз доступності, побудова сценаріїв зонального розвитку тощо. Вибір методу обумовлюється як природою вхідної інформації, так і очікуваними результатами. Обраний підхід повинен бути не лише ефективним, а й відтворюваним у межах конкретного середовища ГІС.

4. Геообробка даних реалізується на основі обраного методу шляхом послідовної геообробки просторових даних. До процесу геообробки можуть входити такі операції, як попереднє очищення даних, приведення їх до єдиної проекції, об'єднання або розділення шарів, накладання шарів, розрахунок показників, створення буферів, побудова похідних шарів або виконання просторових запитів. Для реалізації цих дій використовуються вбудовані інструменти програмного середовища (наприклад, QGIS Processing Toolbox або ArcGIS ModelBuilder). Важливо, щоб усі операції були логічно узгоджені та забезпечували досягнення запланованого результату.

5. Оцінка результатів - вирішальний етап, що полягає в аналізі отриманих результатів. У середовищі ГІС це здійснюється шляхом візуалізації похідної інформації в одному або декількох з вікон інтерфейсу: вікні Карти (для просторової оцінки), вікні Таблиці (для атрибутивного аналізу) та вікні Графіка (для побудови графічних залежностей, статистик тощо). ГІС-користувач оцінює об'єктивність результатів (чи відповідають вони реальному стану речей), їхню своєчасність (актуальність даних) і доцільність (чи допомагають вони прийняти управлінське або проєктне рішення). У разі виявлення проблем або невідповідностей може бути прийнято рішення про коригування вхідних даних, зміну параметрів аналізу або використання іншого методу (рис. 1.1.2.)

Геопросторовий аналіз включає оцінку ландшафтів, яка останнім часом стає все більш досліджуваним питанням через його зростаюче значення в дуже різноманітних галузях знань, таких як міське планування, аналіз ринку нерухомості, екологічний менеджмент або впровадження комунікаційної інфраструктури. В останні роки аналіз антропогенного впливу на ландшафт

став визначальним параметром для прийняття рішень при оцінці альтернатив дуже процвітаючих секторів, таких як відновлювана енергетика або туризм.



**Рис. 1.1.2. Методика просторового аналізу**

Однак цей напрямок не має методологічної основи для об'єктивної оцінки зазначених впливів, як кількісно, так і об'єктивно. З наукової точки зору було досягнуто важливих успіхів у таких сферах, як візуальний вплив на ландшафти від установки вітрових турбін або якість ландшафтів з точки зору територіального планування в деяких регіонах. Однак ці досягнення були зосереджені на впровадженні спеціалізованого програмного забезпечення для візуального аналізу ізольованих впливів або на територіальному аналізі трансформації землі з якісної точки зору.

Важливі нововведення також були зроблені в плані аналізу впливу на ландшафт з використанням соціологічних підходів шляхом проведення опитувань, які згодом обробляються статистичною оцінкою. Використання просторових показників, таких як оцінка компактності міської забудови, також було консолідовано як загальну методологічну основу для оцінки впливу ландшафту на територію. Ми можемо знайти цікаві внески з цього

питання в рамках індексів ландшафтних моделей для оцінки міста просторової морфології в містах Китаю [48], США [49] або Європи [50].

Існують також підходи, які більше орієнтовані на екологічну перспективу, які головним чином зосереджуються на таких питаннях, як цінності екосистеми, екосистемні послуги, природні небезпеки або екологічні ризики. У цьому сенсі просторовий аналіз за допомогою ГІС-індикаторів трансформації землі, отриманих на основі антропогенних явищ, може сприяти більш високому науковому дослідженню цієї галузі знань, включаючи кількісне бачення і бути більш об'єктивним, зосереджуючись на оцінці ландшафту щодо антропогенного впливу. Аналіз дедалі складніших антропогенних явищ, таких як: фрагментація території, будівництво лінійної комунікаційної інфраструктури або зміни у землекористуванні зі статистичної точки зору за допомогою інструментів ГІС, є важливим прогресом у створенні більш суворої та складної методологічної основи для оцінки впливу на ландшафт. Деякі нещодавні дослідження почали вирішувати цю проблему з точки зору ландшафтного планування ГІС [51] або в поєднанні з багатокритеріальним аналізом рішень (MCDA) [52].

Проте все ще необхідно впроваджувати цілісні методології, які сприятимуть вирішенню поточних проблем, пов'язаних з антропогенними процесами територіальної трансформації, з комплексного та мультидисциплінарного бачення. Традиційні методи, навіть засновані на просторовому аналізі, як правило, не в змозі встановити чисельні кореляції між трансформацією території та рівнем впливу на ландшафт. Крім того, все ще непросто дискретизувати, які параметри керують цими процесами трансформації, оскільки вони є антропогенними процесами, що складаються з кількох різних змінних. Ці процеси розвиваються з часом дифузним чином, що робить аналіз їх впливу більш складним для чисельної оцінки.

ГІС-аналіз, ґрунтується на просторово-часових показниках ретроспективного характеру та підкріплений методологіями просторового

статистичного аналізу, може представляти важливий прогрес з методологічної точки зору.

## **1.2. Нормативне забезпечення геоінформаційного аналізу територій**

Законодавча база, що регулює застосування геоінформаційних систем (ГІС) та проведення моніторингу земель в Україні, є комплексом нормативно-правових актів, що визначають правові, організаційні та технічні засади використання просторових даних у сфері управління земельними ресурсами. Ця база охоплює як державну політику у сфері земельних відносин, так і конкретні механізми впровадження інструментів просторового аналізу в управлінські та планувальні процеси.

ГІС-технології, які застосовуються для моніторингу земель і аналізу зонування територій, реалізуються в межах повноважень органів виконавчої влади та місцевого самоврядування. Їхня діяльність ґрунтується на положеннях таких нормативно-правових актів, як Земельний кодекс України, Закон України «Про охорону земель», Закон України «Про державний земельний кадастр», Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», а також націлюється на дотримання принципів сталого розвитку та раціонального землекористування.

Конституція України – основний Закон, яким визначаються головні права, свободи і обов’язки громадян України [11]. У статтях 13, 14, 41 та інших наведені основні принципи, на яких будуються правовідносини щодо землі.

Розглянемо окремі дії, які повною мірою прямо чи опосередковано впливають на проведення моніторингу земель в Україні та використання геоінформаційних систем:

- 1) внесення змін до Конституції України в межах і порядку, передбачених розділом XIII цієї Конституції;

2) затвердження загальнодержавних програм економічного, науково-технічного, соціального, національно-культурного розвитку, охорони довкілля.

3) розгляд і прийняття рішень щодо схвалення Програми діяльності Кабінету Міністрів України;

4) утворення і ліквідація районів, встановлення і зміна меж районів і міст, віднесення населених пунктів до категорії міст, найменування і перейменування населених пунктів і районів.

Земельний кодекс України – основний нормативний акт, який регулює земельні відносини в Україні [12].

Відповідно до ст. 191 ЗК України моніторинг земель – система спостереження за станом земель з метою вчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів. Він поділяється на відповідні види. Глобальний моніторинг – пов’язаний з міжнародними науково-технічними програмами; національний моніторинг, який охоплює територію, що знаходиться в межах кордонів України; регіональний моніторинг, який проводиться на територіях, що характеризуються єдністю фізико-географічних, екологічних та економічних умов і локальний моніторинг, що діє на окремих земельних ділянках та в окремих частинах (елементарних структурах) ландшафтно-екологічних комплексів.

Моніторинг у сфері використання земель проводиться за такими напрямками: стан використання угідь, полів, ділянок; процеси, пов’язану зі змінами родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, радіонуклідами, важкими металами та іншими токсичними речовинами; якість берегових ліній морів, заток, лиманів, річок, озер, гідротехнічних споруд, водосховищ; зміни, пов’язані з утворенням ярів, зсувів, тощо, внаслідок сольових потоків, землетрусів, криогенних, карстових та інших явищ; стан земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазовидобувними

об'єктами, очисними спорудами, складами паливно-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів та іншими промисловими об'єктами.

Об'єктом моніторингу земель є земельний фонд України незалежно від форм власності на землю, цільового призначення та характеру використання.

Невід'ємною частиною моніторингу земель є моніторинг ґрунтів, який являє собою систему спостережень, збирання, передавання, оброблення, збереження та аналізу інформації про зміни показників якісного стану ґрунтів, їх родючості, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів.

Об'єктами моніторингу ґрунтів є землі сільськогосподарського призначення (рілля, багаторічні насадження, пасовища, сіножаті, землі тимчасової консервації, перелоги).

Результати моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення використовуються в процесі визначення правових основ регулювання земельних відносин, при проведенні грошової (нормативної та експертної) та економічної оцінки земель, визначенні розмірів плати за землю, плануванні заходів щодо відтворення родючості ґрунтів та підвищення урожайності сільськогосподарських культур, проведенні еколого-агрохімічного районування (зонування) території, коригуванні агротехнологій, визначенні зон виробництва сільськогосподарської продукції для виготовлення продуктів для дієтичного та дитячого харчування, розробленні рекомендацій щодо екологічно безпечного та раціонального застосування агрохімікатів [13, 282 -284 ст.].

Суб'єктами, на яких покладено здійснення моніторингу земель, є Держгеокадастр, Міністерство аграрної політики та продовольства України, Міністерство екології та природних ресурсів України та інші органи державної виконавчої влади. Суб'єкти, які регулюють моніторинг земель, наділені повноваженнями адміністративно-правового характеру (наприклад,

зобов'язувати власників земельних ділянок або землекористувачів щодо виконання дій, необхідних для покращення використання земельних ділянок, або проведенню робіт, що усувають загрозу погіршення стану земель).

Інформація, здобута за допомогою моніторингу земель, є правовою основою для прийняття потрібних рішень державними органами в галузі використання та охорони земель. Інформація про стан земельних ресурсів та їх використання, що була отримана в процесі ведення моніторингу, зберігається в архівах і банках даних автоматизованої інформаційної системи. Ґрунтуючись на зібраній інформації і результатах оцінки стану земель записуються оперативні зведення, рекомендації і наукові прогнози, що надаються місцевим органам державної виконавчої влади, органам місцевого й регіонального самоврядування, іншим державним органам для вжиття заходів щодо попередження і ліквідації наслідків негативних процесів. Отримані дані характеризують фізичні, хімічні, біологічні процеси в навколишньому середовищі, рівень забруднення ґрунтів, що дає можливість органам державного управління пред'являти певні вимоги до землекористувачів з усунення правопорушень у галузі використання і охорони земель. Також, до завдань моніторингу земель належить інформаційне забезпечення ведення державного земельного кадастру, землеустрою, землекористування, державного контролю за використанням і охороною земель, та власників земельних ділянок.

Створення бази об'єктивної інформації для оцінки стану, в якому перебувають земельні ресурси, є одним із основних завдань моніторингу земель.

Геоінформаційні технології стали важливою частиною моделювання об'єктів реального світу у всіх сферах життєдіяльності. Стрімкий розвиток ГІС-технологій відбувався нерівномірно та непланомірно через відсутність єдиних стандартів та нормативів на представлення інформації в різних геоінформаційних системах. Значну об'єднувальну та систематизувальну роль відіграють стандарти серії ISO 19100 "Географічна інформація та геоматика",

а також технічний комітет ISO/NC 211, завдяки якому з'являються названі стандарти [14].

Стандарт – нормативний документ, що ґрунтується на консенсусі, прийнятий визнаним органом, що встановлює для загального і постійного використання настанови, правила або характеристики щодо діяльності чи її результатів, та спрямований на досягнення оптимального ступеня впорядкованості в певній сфері [15].

Стандарт може містити вимоги до термінології, пакування, позначок, етикетування чи маркування, які використовуються до продукції, процесу чи послуги.

Мета серії ISO 19100 – загальні вимоги до технології збору, опрацювання, зберігання, поширення та удосконалення використання геопросторових даних.

Стандарти географічної інформації належать до ключових компонентів сучасних геоінформаційних технологій та інфраструктури геопросторових даних. Рівень інтеоперабельності складових інфраструктури геопросторових даних, що характеризує їх здатність до взаємодії, залежить від дотримання стандартів, в яких визначається уніфікована архітектура систем та інтерфейси (формальні мови, формати і правила) взаємодії як між користувачами та виробниками даних, між програмно-технічними компонентами інфраструктури. Стандартизація в національних і регіональних інфраструктурах геопросторових даних практично всіх країн ґрунтуються на комплексі міжнародних стандартів ISO 19100 – «Географічна інформація/геоматика», що розробляються технічним комітетом ISO/TC211, та на специфікаціях Відкритого геопросторового консорціуму (Open Geospatial Consortium – OGC).

Однак пряме застосування міжнародних стандартів у сфері географічної інформації на національному рівні пов'язане з проблемами, що зумовлені значними мовними, технологічними, інституційними та іншими відмінностями країн у виробництві та використанні геопросторових даних, у

процедурах впровадження і схвалення міжнародних стандартів як національних. Зазвичай на основі міжнародних стандартів для потреб національної інфраструктури геопросторових даних розробляють національний профіль, в якому викладають окремі положення базових міжнародних стандартів, потрібних для досягнення достатньої функціональності на певному етапі розвитку національної інфраструктури геопросторових даних.

Національні стандарти ДСТУ ISO 19101:2009 Географічна інформація. Еталонна модель, ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних, ДСТУ ISO 19131:2019 Географічна інформація. Специфікація геоінформаційного продукту становлять основу нормативного забезпечення створення інтероперабельних наборів базових і тематичних даних національної інфраструктури геопросторових даних в Україні.

ISO 19152 Доменна модель управління земельними ресурсами (LADM) (Land Administration Domain Model (LADM)) визначає еталонну доменну модель у сфері, що охоплює основні інформаційні компоненти – земельні ресурси та описує абстрактну і концептуальну моделі з чотирма пакетами суб'єктів землекористування, об'єктів адміністративно-територіального устрою, прав власності, обов'язків та обмежень, просторових одиниць кадастрового обліку (земельних ділянок, будівель та інженерних мереж) з вимогами до модельного подання геометрії і топології меж об'єктів кадастрового обліку. ISO 19152 становить основу національних і регіональних профілів моделей геопросторових даних у сфері управління земельними ресурсами.

Закон України “Про Національну програму інформатизації» визначає НІІ, як - систему взаємопов'язаних окремих задач інформатизації, спрямованих на реалізацію державної політики та пріоритетних напрямів створення сучасної інформаційної інфраструктури України за рахунок концентрації та раціонального використання матеріально-технічних,

фінансових та інших ресурсів, науково-технічних і виробничих можливостей держави, та координації діяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, установ, підприємств, організацій усіх форм власності і громадян у сфері інформатизації [16].

Загальні питання управління ГІС-проектами висвітлені в:

- ISO 19106 Geographic information – Profiles (Профілі);
- ISO 19109 Geographic information – Rules for application schema (Правила для прикладних схем);
- ISO 19115 Geographic information – Metadata (Метадані);
- ISO 19157 Geographic information – Data Quality (Якість даних);
- ISO 19131 Geographic information – Data product specifications (Специфікації дата-продуктів).

Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних України” затверджує основні правові основи створення, розвитку та функціонування національної інфраструктури геопросторових даних, спрямованої на здійснення ефективного прийняття управлінських рішень органами державної влади та органами місцевого самоврядування, задоволення вимог суспільства в усіх видах географічної інформації, інтегрування в глобальну і європейську інфраструктуру геопросторових даних [17]. Відповідно до Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», органи влади мають зобов’язання щодо ведення, оновлення та обміну геопросторовими даними. Це створює передумови для формування єдиного інформаційного середовища, в якому аналітичні ГІС-інструменти можуть ефективно використовуватися для дослідження міських територій, зокрема у процесі зонування.

Отже, моніторинг земель маємо розглядати як дієву правову форму охорони земель від руйнівного впливу антропогенного та природного характеру.

Правове регулювання моніторингу сільськогосподарських земель в Україні є не досить ефективним. До недоліків можемо віднести сам порядок

отримання інформації про стан земельних ресурсів. Паспортизація земельних ділянок не дає чіткого уявлення про особливості земельної ділянки, оскільки багато хімічних та фізичних показників не вказуються. Також для прийняття ефективних рішень необхідно швидко виявляти зміни і передбачити розвиток ситуації.

Створення бази інформації про землі геоінформаційними методами дозволить виконати попередню обробку даних, а також виступить правовою основою для прийняття дієвих економічних санкцій і стимулів в галузі охорони земель.

Кабінет Міністрів ухвалив Постанову «Про публічний моніторинг земельних відносин» (від 12 травня 2023 р., № 474), якою затвердив Порядок здійснення публічного моніторингу земельних відносин та моніторингу ринку земель у його складі. Для публічного моніторингу земельних відносин також може використовуватися публічна інформація у формі відкритих даних, оприлюднена на Єдиному державному веб-порталі відкритих даних відповідно до Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2015 р. № 835 (Офіційний вісник України, 2015 р., № 85, ст. 2850).

### **1.3. Аналіз існуючих досліджень упорядкування урбанізованої території**

Зацерковний В.І., Гебрин Л.В., Комарова У.Ю., Кривоберець С.В. досліджують впровадження геоінформаційних технологій в агрохімічний моніторинг земельних ресурсів (на прикладі Чернігівської області). Розглядають переваги використання геоінформаційних систем в аналізі ґрунтів. Наводять доступні програмні засоби, що можуть бути використані для

просторового аналізу. Вказують можливості реалізації переходу від традиційних ґрунтових карт до геобаз даних, що відкриває широкі перспективи для швидкого оновлення існуючих ґрунтових карт, та для сполученого аналізу ґрунтово-ресурсної інформації з інформацією про рельєф, клімат та інших компонентах земельних ресурсів [19].

Агроекологічний моніторинг, є важливою складовою державної системи екологічного моніторингу, та загальнодержавною системою спостережень і контролю за станом і рівнем забруднення. Для створення цифрової карти агроекологічного обстеження ґрунтів дослідники пропонують використати ГІС Arc-Info.

Подліпаєв В.О. встановив, що актуальним є питання створення набору геоінформаційних ресурсів, який би на задовільняв потреби у геоінформаційній підтримці та забезпечив максимальну ефективність побудованої геоінформаційної системи. Існують геоінформаційні ресурси, які використовуються у будьякій сфері діяльності, а їх інструменти роботи з геопросторовими даними від неї не залежить. Базовий набір типових геоінформаційних ресурсів: геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації та накопичення базового набору геопросторових даних; геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації, накопичення та відображення геопросторових даних та іншої інформації про об'єкти, які розташовані на певній території (акваторії); геоінформаційні ресурси, які призначені для відображення оперативної інформації (події, новини, розвідувальні дані, тощо) на визначній карті з прив'язкою до місцевості або об'єкту, яких стосується ця інформація. Автором визначено загальний функціонал цих ресурсів [19].

Черняга П.Г. розглядає використання ГІС-технологій для управління угіддями та виконання моніторингу сільськогосподарських земель. Під час виконання моніторингу земель сільськогосподарського призначення обстежуються сільськогосподарські угіддя та отримуються результати вмісту елементів живлення для кожного відібраного зразка. Результати записують в

базу даних з просторово-часовою прив'язкою. Для виконання оцінки результатів агрохімічного дослідження ґрунтів використовуються геоінформаційні програми. У програмі MapInfo здійснюється прив'язка растру досліджуваних господарств та оцифрування обстежуваних ділянок. Будуються картограми вмісту різних елементів живлення в ґрунтах сільськогосподарських земель досліджуваних господарств. Виконавши статистичну оцінку даних та дослідивши їх на рівномірність розподілу, здійснили інтерполяцію даних методом ординарного Кригінга. Отримавши проінтерпольовані поверхні для вмісту різних елементів живлення та перетворивши їх в растри, автор вирахував нові поверхні, які показують придатність земель для вирощування сільськогосподарських культур за показниками вмісту елементів живлення в ґрунтах [22].

Ю.Г. Коняєв, О.Є. Толчевська розглядають найбільш популярні програмні продукти з використанням геоінформаційних систем, які забезпечують вирішення різноманітних завдань в землеустрої. Описують основні функції, можливості, характеристики та принципи роботи з програмними засобами. Виконують порівняльний аналіз програмних засобів. Запропонували найбільш доступні та інтуїтивно зрозумілі програмно-технічні засоби, які найкраще підходять для вирішення завдань в землеустрої, таких як нанесення ділянки на карту, конвертація даних в різні формати, складання земельпорядної документації, тощо.

Богдан Журавель, спеціаліст-землевпорядник відділу земельних ресурсів виконавчого комітету Козельщинської селищної ради займається розробленням і впровадження проєкту землеустрою на основі геоінформаційної системи (ГІС) – інструменту для управління землекористуванням, визначення прав власності на землю та моніторингу змін у ландшафті. Такі системи використовуються міжнародними спільнотами для управління земельними ресурсами. Наприклад, Організація Об'єднаних Націй використовує технологію ГІС для підтримання гуманітарної діяльності та роботи з розвитку в усьому світі. Світовий банк розробив інструмент під

назвою Spatial Agent – вебплатформу, яка дає змогу користувачам отримувати доступ до геопросторових даних, візуалізувати їх на карті та виконувати просторовий аналіз. Багато інших міжнародних організацій, Міжнародним Червоним Хрестом, Агентством США з міжнародного розвитку (USAID), Всесвітньою організацією охорони здоров'я, також використовують технологію ГІС для підтримання своєї роботи. Богдан разом з іншими представниками Козельщинської громади працює над проектом у рамках «Громада 4.0» – акселераційної програми для представників ОМС, яка допомагає створювати та імплементувати діджитальні проекти для громад. Розробка поділена декілька етапів, на кожному з яких буде створена частина – модуль майбутньої ГІС. Ці модулі можна буде комбінувати, що дасть змогу гнучко сконфігурувати ГІС під власні потреби. Зараз триває проектування концептуальної моделі бази даних, тестується вебкарта, на якій уже зображені наявні набори геопросторових даних. Ця карта буде слугувати одним із головних робочих просторів майбутньої ГІС. У розробці застосовується програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом QGIS Desktop; для створення картографічних сервісів планується використання QGIS Server та Geoserver. База даних буде реалізована на відкритій СУБД – PostgreSQL, що має розширення для геопросторових даних PostGIS. Для створення вебкарт використовується JavaScript, бібліотека Leaflet.

Світові практики впровадження ГІС доводять їх ефективність також і на регіональному рівні. Для українських громад такі системи можуть оптимізувати різні напрями роботи:

1. Оцифрування паперових документів захищає їх від втрати або пошкодження. Цифрове збереження забезпечує легкий і швидкий доступ до важливої земельної інформації, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень щодо ефективного землекористування, зонування та планування інфраструктури.

2. Ефективний розподіл ресурсів забезпечується шляхом аналізу просторових даних. Накладаючи інформацію про інфраструктуру, демографію

населення та потреби в послугах, громади можуть оптимізувати розподіл державних послуг, таких як медичні заклади, школи та транспортні системи.

3. Загальнодоступність земельних даних сприяє залученості громадян у роботу ОМС. Мешканці можуть отримати доступ до карт із запропонованими проектами розвитку, що дозволить їм давати оцінки, залишати відгуки та активно брати участь у процесах прийняття рішень.

4. Завдяки інтеграції записів технічного обслуговування, історії обслуговування та інвентаризації активів у ГІС громади оптимізують управління системами інфраструктури, такими як мережі водопостачання, дороги та управління відходами.

5. Інструменти для просторового аналізу та візуалізації забезпечують якісний моніторинг змін у ландшафті. Це дозволить відстежувати зміни у землекористуванні, розширення населених пунктів та погіршення навколишнього середовища, що дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо сталого управління земельними ресурсами. Розуміючи ці зміни, громади сприяють відповідальній практиці землекористування, яка підтримує довгострокове економічне зростання, одночасно зберігаючи природне середовище.

Рудомаха А.В. досліджує напрями реалізації комплексу інструментів геоінформаційного аналізу використання земель об'єднаних територіальних громад, які дають можливість створювати моніторингову основу та візуалізувати геопросторову інформацію для покращення використання земель об'єднаних територіальних громад.

Д. І. Солярчук розглядає питання застосування ГІС у прогнозуванні використання та охорони земель. Підкреслю, що інформаційні ресурси належать до найважливіших ресурсів, без впровадження яких неможливо приймати обґрунтовані, правильні управлінські рішення [55].

Сохнич А.Я., Худякова І.М., Сохнич О.А. Розглядають питання геоінформаційних систем і їхнє застосування в управлінні земельними ресурсами. Встановили, що розвиток державної системи підготовки,

перепідготовки і підвищення кваліфікації кадрів у сфері землекористування приведе до вдосконалення наявної системи управління земельними ресурсами, відкривши можливості та перспективи розвитку прозорого механізму управління, що має стратегічно важливе значення для системи державного управління загалом. Автори вважають, що однією з найвдаліших комп'ютерних систем для виконання грошової оцінки земель населених пунктів є «Земельні Інформаційні Системи» (НВЦ ЗІС) під назвою LPS 1.1 і LPS 1.2. [56].

Вчені Randall, T.A. та Baetz, B.W. пишуть, що забудова (або розростання) приміських територій широко критикується через низку екологічних і соціальних проблем, які виникають переважно через її фізичне планування [7]. Західна Європа, часто згадується як країна з кращими моделями міського планування. Основні фізичні проблеми розповсюдження пов'язані з його низькою щільністю, сегрегацією типів землекористування та типів житла, а також збільшенням відстані від традиційного ядра мегаполісу, яке приймає така форма розвитку. Соціально-економічні наслідки розростання включають: економічний занепад центральних міст; сегрегація мешканців передмістя за доходами; зростання автоцентричної культури збігається з втратою пішохідної та транзитно-центричної культури; і вплив на здоров'я, зокрема ожиріння. По суті, звичайна забудова передмість страждає від браку різноманітності. У надії заперечити або зменшити розповсюдження передмістя постійно зростає кількість досліджень, які описують, що таке «гарна міська форма» або «розумне зростання» [8], спираючись на концепцію «великого розмаїття», описану Джейкобсом. Хороша міська форма в значній мірі повторює шаблон традиційного урбанізму, який був поширеним у містах Північної Америки на початку 20-го століття, в основному побудований на дорогах для трамваїв і автомобілів. Для цього потрібна комбінація основних цілей і досить висока концентрація людей і діяльності. Традиційний урбанізм використовує змішане землекористування, помірно вищу щільність і підтримує економічно життєздатні послуги громадського транспорту.

Тален писав, що рух розумного планування розвитку «зосереджений на забезпеченні міського розвитку, який є компактним, різноманітним і зручним для прогулянок, на відміну від використання автомобілів і споживання землі» [9]. Прихильники інтелектуального зростання та неотрадиційних моделей дизайну забудови стверджують, що ці характеристики призведуть до житлової забудови, яка є більш стійкою, ніж звичайна модель передмістя. Стверджується, що перші моделі є більш стійкими, оскільки вони використовують менше матеріальних і земельних ресурсів для будівництва та обслуговування [9], менше залежать від автомобіля, призводять до покращення соціальної гармонії на рівні сусідів, і пропонують фінансові переваги в порівнянні з традиційною схемою передмістя. На підставі досліджень, що стосуються гарної міської форми, розумного територіального планування, вимірювання «різноманітності землекористування» в цьому дослідженні включає наступні чотири широкі характеристики: різноманітність типів землекористування та ступінь їх змішаності різноманітність типів житла та ступінь їх змішаності, що також передбачає змішаний соціально-економічний рівень життя населення, різноманітний асортимент товарів і послуг, наявних у цьому районі близькість мешканців мікрорайону до деяких ключових зручностей чи послуг у цьому районі.

Рандал та Баєтз розробили модель індексу на основі ГІС, яка називається індексом різноманітності землекористування (LDI), щоб кількісно визначити концепцію різноманітності землекористування для житлового району [7]. Більш різноманітні, менш однорідні райони вважаються більш екологічно та соціально стійкими, але Тален (2003) вказав на потребу в нових інструментах вимірювання для оцінки нових міських форм, таких як неотрадиційний дизайн та розумне зростання, інакше ці концепції виявляться нематеріальними. Модель LDI вносить свій внесок у дослідження, що вимірює шаблони проектування околиць, включаючи розростання передмістя та доступність міських територій, і може бути використана для визначення більш стійкої

міської форми. Модель LDI відрізняється від інших заходів розповсюдження двома ключовими моментами.

По-перше, це вимірювання, розроблене в масштабі мікрорайону, на відміну від інших, що використовують агреговану статистику в набагато більш грубому масштабі (наприклад, ціле місто або столичний район).

По-друге, модель LDI спрямована на створення «абсолютного» показника різноманітності землекористування, а не «відносного» показника розповсюдження. У підході відносного моделювання одна досліджувана область порівнюється з іншою з висновком, що одна менш або більше схожа на розростання. При абсолютному підході до моделювання результати досліджуваної території порівнюються з теоретично бажаною умовою різноманітності землекористування. На додаток до свого внеску в академічне обговорення показників розповсюдження та різноманітності землекористування, модель LDI орієнтована на професійних практиків, які борються з питаннями про те, як досягти цілей щодо інтенсифікації та диверсифікації житлових районів. Наприклад, у законодавстві «Місця для розвитку» (провінція Онтаріо, 2006 р.) муніципалітети Онтаріо мають конкретні цілі щодо інтенсифікації житлової забудови та інших принципів розумного розвитку та сталого розвитку міст. Враховуючи непряме використання для планувальників, модель LDI була концептуалізована зі стандартними цифровими даними, які зазвичай доступні для певної муніципальної юрисдикції. Цей підхід є досить широким, щоб структура моделі LDI була переносима на інші канадські, американські чи українські території. Прототип моделі LDI містить 34 вхідні змінні, структуровані навколо чотирьох підіндексів. Теоретично значення індексу можуть коливатися від 0 до 1, де 1 означає умову більшої «різноманітності землекористування».

Більшість міських районів призначені для житлових та дорожніх споруд і зелених насаджень, з лише невеликими компонентами комерційного та інституційного використання. Міські околиці, навпаки, більш різноманітні

щодо землекористування, зберігаючи або збільшуючи загальну щільність. Присутні значні частки комерційного, інституційного та навіть промислового землекористування. Промисловий компонент Дандаса є унікальним, оскільки він був колишнім ядром міста, але є функціонуючим прикладом сумісного промислового землекористування у відносно безпосередній близькості до житлового району.

Анкана пише, що дистанційне зондування та геоінформаційна система (ГІС) є найефективнішими інструментами аналізу просторових даних. Для природних ресурсів, таких, як земля, ліс і вода, ці методи виявилися цінним джерелом генерації інформації, а також для цілей управління та планування. Його дослідження спрямоване на те, щоб запропонувати можливі стратегії управління земельними та лісовими ресурсами в Chakia tahsil на основі аналізу землекористування та земельного покриття та змін, що спостерігалися протягом останніх десяти років. Населення Chakia tahsil переважно сільське. Дослідження показало, що північна частина регіону, яка пропонує поселення та всі сільськогосподарські практики, становить майже 23,48% і є рівниною, тоді як південна частина, яка становить майже 76,6% території області займає плато і покрито лісом. Південне плато різко піднімається від північної алювіальної рівнини низкою уступів. Горизонтальна лінія 100 м в основному розмежовує межу між плато і рівниною. Зона плато є глибоко розчленованою та дуже пересіченою місцевістю. Отриманий рельєф складається з низки височини та ізольованих пагорбів із перепадами висот від 150 м до 385 м над середнім рівнем моря. Через пересічену місцевість у південній частині нині люди намагаються отримати більше землі для обробки. Зміни добре спостерігалися у землекористуванні та ґрунтовому покритті досліджуваного регіону. Значна частина перелогів і відкритих лісів була перетворена в оброблювані землі [10].

Salvador García-Ayllón та Gloria Martínez виконали оцінку ландшафтних впливів, спричинених явищами дифузної територіальної антропоїзації. Ця галузь досліджень потребує нових методологій для правильного аналізу

процесів трансформації ландшафту за певних граничних умов, таких як запропоновані тематичні дослідження. В своєму дослідженні запропоновано методологічну основу, засновану на просторовій статистиці для структурованого аналізу на основі розрахунку індикаторів ПС оцінки ландшафту (однорідність SEI, мальовничі цінності LVQI, природні цінності PNVI та крихкість ландшафту LF) і дифузної територіальної антропоїзації, які були застосовані до трьох територій, розташованих на південному сході Іспанії з різними граничними умовами. Результати просторової статистичної кореляції між цими показниками показують, як дисперсна урбанізація (параметр антропоїзації UFI), будівництво доріг та лінійної транспортної інфраструктури (параметр IFA) та штучне перетворення території (параметр PLA) генерують різні впливи на ландшафт.

У першому з цих випадків, що відповідає Уерта-де-Мурсія, явище розпорошеного розповсюдження міст, здається, має найбільший вплив, причому його походження пов'язане насамперед із створенням сільських доріг і невеликої лінійної інфраструктури, яка атомізує структуру ділянки та спотворює її пейзаж фруктового саду, таким чином заохочуючи відмову від сільськогосподарської діяльності на користь розвитку міст. У цьому першому випадку методологія аналізу показує, як збереження ділянок площею понад 5000 м<sup>2</sup> може пом'якшити втрату параметрів, таких як однорідність SEI або мальовнича цінність середовища LVQI

У другому випадку аналіз показує, як трансформація сільського господарства в районі Кампо-де-Картахена призвела до втрати однорідності ландшафту, вираженої через параметр SEI, і поточну інерцію погіршення стану важко повернути назад. Треба також додати що вплив UFI, пов'язаний з урбанізацією низької щільності численних туристичних курортів, сповільнився в останні роки, але з огляду на існуюче міське планування можна передбачити, що така урбанізація відновиться в майбутньому, тим самим підкреслюючи поточні зміни території.

У третьому випадку автори виявили висококонсолідоване середовище з високими значеннями однорідності SEI та крихкості LF, оскільки там ландшафти, які були сильно змінені будівництвом, співіснують із природними територіями екологічної цінності, які потребують захисту. Однак збереження не повинно обмежуватися захистом природних просторів. Деякі незабудовані міські території були виявлені в межах прибережного периметра, які мають високі значення індикаторів мальовничої якості ландшафту LVQI або природних цінностей PNVI, і, оскільки вони належать до територій, запланованих як придатних для забудови, повинні бути врятовані від процесу урбанізації.

В умовах війни в Україні цікавим є досвід датської групи розмінування (Danish Demining Group, DDG) (спеціальний підрозділ з протимінної діяльності Датської Ради з питань біженців, працює в Афганістані з 1999 р. та виконує гуманітарну місію з усунення небезпеки від боєприпасів, що не розірвалися). DDG працює в Афганістані щоб врятувати життя, посилити відчуття безпеки через навчання основам виявлення ризиків та допомогти усунути перешкоди на шляху продуктивного використання ресурсів та допомогти реалізувати потенціал розвитку Афганістану. З початку операції в Афганістані DDG знешкодила понад 24000 мін та 940000 снарядів, які не розірвалися. Діяльність з усунення мінної небезпеки в Афганістані координується Координаційним Центром з розмінування Афганістану (MACSSA), який збирає та поширює геопросторову інформацію про відомі небезпеки (поля боїв, мінні поля, боєприпаси, що не розірвалися), та оновлює цю інформацію за результатами розмінування. MACSSA постійно створює нові share-файли з цими «небезпечними полігонами» і сапери використовують їх для оцінки ситуації в своїх робочих зонах. DDG використовує QGIS для даного завдання.

Просторові дані корисні на етапах обстеження та планування. Проблеми з безпекою та неоднорідна місцевість Афганістану означають, що повторне обстеження територій не завжди буде можливе. Замість цього

використовуються різні дані – космічні або аерофотознімки, оцифровані топографічні карти, векторні файли з межами небезпечних областей та цифрові моделі рельєфу – все це дозволяє DDG отримати розуміння про розташування мінних полів відносно природних та інфраструктурних об’єктів перед відправленням команди. Плагіни QGIS надають корисні можливості, наприклад, візуалізацію поверхні в 3D. На рис. 1.3.1 – створеному за допомогою плагіна QGIS2threejs – показано територію на південь від палацу Даруламан в Кабулі з активними мінними полями (вздовж хребтів ліворуч), які виділені червоним на старій карті об’єднаній з даними SRTM. Очищені мінні поля показано світло-зеленим кольором [58].



Рис 1.3.1. Територія розмінування [58]

*André Duarte* описує використання вільних інструментів QGIS для аналізу ландшафтів з плагін LecoS. Її робота проводилась на території центральної Португалії, в муніципалітеті Коїмбра та охоплювала площу 31940 га (географічні координати: N 40°12'11.84, W 8°24'37.15). За результатами нового адміністративного поділу муніципалітет складається з 18 районів, більшість з яких є міськими [59].

Ландшафт описується кількісними показниками (ландшафтними метриками). Вони використовуються для опису структурних характеристик ландшафту, та документування їх взаємозв'язку з наявністю окремих видів. Кількість метрик велика, вони розраховуються на рівні всього ландшафту, окремого класу або об'єкту. Розрахунок метрик може проводитися ґрунтуючись на даних Corine або власноруч створених карт. Згідно плагін LecoS для QGIS використовується для розрахунку ландшафтних метрик за растровими даними. Результати розрахунку записуються у файл CSV. Для розрахунку показників потрібно було конвертувати дані в растр з розміром сітки 50x50 м. Автори скористалися модулем GRASS r.to.raster. Після конвертації плагіном LecoS було розраховано метрики.

Ландшафтні метрики, розраховані автором для різних дат (1990 та 2000 рік). Розраховано площу покриву, щільність кутів, пропорційність ландшафту, кількість фрагментів, середню відстань між фрагментами, площу найбільшого фрагменту, та ефективний розмір сітки. Різноманітність ландшафтів оцінювалась за допомогою індексів Сімпсона, Шенона та індексу однорідності.

Даний аналіз показав зростання людського впливу та пов'язану з цим фрагментацію використання з 1990 по 2000 роки. Кількість об'єктів типу «Напівштучні ліси» та «Сільськогосподарські землі» за період з 1990 по 2000 рік скоротився. Цей показник може дати розуміння про екологічні процеси, зменшення або збільшення взаємозв'язку між чисельністю населення та місцями проживання.

Ще одним показником є відстань між об'єктами, вона дозволяє встановити ступінь фрагментації ландшафту за зменшенням частки «Напівштучних лісів» за рахунок зростання «Сільськогосподарських земель» з 1990 по 2000 рік. З 1990 по 2000 рік різноманітність збільшилась, це сталося за рахунок зміни співвідношення різних типів ландшафтів, зокрема зменшення частки «Напівштучних лісів» та «Сільськогосподарських земель». Такі ж зміни сталися і з однорідністю.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Розкрито поняття геопросторового аналізу, наведено функціональні можливості ГІС, методика та методи ГІС-аналізу.

2. Проаналізовано законодавчу базу застосування геоінформаційних систем для аналізу територій, наведені як Національні так і Міжнародні стандарти.

3. Дослідженням використання ГІС систем в землеустрої займаються багато українських вчених, зокрема: Зацерковний В.І., Гебрин Л.В., Комарова У.Ю., Кривоберець С.В., Подліпаєв В.О., Черняга П.Г., Ю.Г. Коняєв, О.Є. Толчевська, Б.Журавель, Рудомаха А.В., Д. І. Солярчук, Сохнич А.Я., Худякова І.М., Сохнич О.А. та інші.

Також широко використовують ГІС-аналіз і зарубіжні вчені, цікаві дослідження провели: Randall, T.A. та Baetz, B.W., Talen, Ankana, Salvador García-Ayllón, Gloria Martínez, Edward Crowther, André Duarte.

## **РОЗДІЛ 2. НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ МІСТА КИЄВА**

### **2.1. Досвід застосування геоінформаційних систем для моніторингу земель**

Національні системи моніторингу земель в різних країнах мають відмінності, обумовлені особливостями їх географічного положення і темпами соціально-економічного розвитку. В більшості розвинутих країнах (Австрія, Нідерланди, Норвегія, Угорщина, Німеччина) моніторинг земель здійснюється вже більше 30-40 років. Це ґрунтовий моніторинг і відрізняється в залежності від національних інтересів, набором критеріїв, технологій проведення робіт, детальністю. Результати моніторингу земель виконуються в геоінформаційних системах і відкриті для вільного використання.

В Канаді періодичні спостереження за станом землі почали здійснювати з 1996 року. Канада стала однією з перших країн в світі, де була розроблена геоінформаційна система в результаті проведення систематичних робіт з моніторингу та інвентаризації земель. Система зберігає, аналізує і порівнює різні карти-ресурси, реалізовує відбір площ придатних для певного виду землекористування. Призначення геоінформаційної системи Канади (CGIS): аналіз числових даних, накопичених канадською службою земельного обліку (Canada Land Inventory) і в отримання статистичних даних про земельні ділянки, які використовувалися при розробці планів землевпорядкування великих площ переважно сільськогосподарського призначення. [19, ст. 74-76].

В цей же період у США впроваджувались земельні геоінформаційні системи, що було пов'язано з постійним прагненням американців збирати податки. Саме податки, та неохота одних їх сплачувати і мрія інших збирати їх якомога більше, відіграли важливу роль в історії США. Геоінформаційні системи не залишились осторонь від цієї проблеми [19, ст. 86-88].

В Великобританії моніторинг земель почав розвиватися з кінця 1970-х років. В цей період була організована мережа точок спостережень, яка охоплювала всю територію країни і містила більше 6500 точок. В Європі перша автоматизована картографічна система була створена у Великій Британії під керівництвом Д.Бікмора в 1964 р. [19, ст.88].

Зараз Великобританія є європейським лідером в створенні геоінформаційних систем, що ґрунтуються на сучасних комп'ютерних технологіях.

В Бельгії в основу концептуального підходу закладені спостереження Національної ґрунтової служби за 25 літній період. Ці дані вбудовані в базу інформації з наступною статистичною обробкою, що дозволяє їх застосовувати для побудови різномасштабних карт та різних прогнозованих моделей, і по окремим показникам.

Рішення про початок робіт в щодо моніторингу земель і створення для цього інформаційної системи в Німеччині було прийнято в 1985 році. В основі концепції моніторингу земель в Німеччині лежить мережа стаціонарних ділянок, кількість яких для адміністративних одиниць країни складає від 20-25 до 240. Всього система нараховує 800 ділянок, де здійснюють спостереження за вмістом органічних речовин, важких металів та елементів живлення рослин. На окремих станціях ведуться спостереження за біологічними параметрами, атмосферними опадами, кількістю внесених добрив. Ведення моніторингу в Німеччині відрізняється широким застосуванням аерофотозйомки для вивчення динаміки ландшафтів і сільськогосподарських угідь. Збір, зберігання і обробка даних моніторингу здійснюється в геоінформаційній системі.

В Нідерландах наявна єдина концепція моніторингу, що об'єднує моніторинг ґрунтів, повітря і вод. Національна система моніторингу земель діє з 1993 року і включає періодичні спостереження, за якими виконують опис профілів, створення карт, хімічно-аналітичні дослідження. Система

моніторингу забезпечена програмними засобами, що містять макети для прогнозу і оцінки процесів в ґрунтах.

У Франції наприкінці 60-х рр. ХХ ст. була створена кадастрова інформаційна система "Маїс". Моніторинг земель в Франції ґрунтується на створенні інформаційної бази даних. Через розрізнення в регіональних системах організації даних, зараз створюється єдина Географічна система з метою їх комплексного аналізу [19, ст. 88].

У Європі одні з перших геоінформаційних систем створені і в Швеції. Методичні основи досліджень були закладені в працях О. Саломонссона і Т.Германсена у 1976 р. Основним напрямом шведської школи геоінформатики було створення геоінформаційні системи земельно-облікової спеціалізації, зокрема Шведського земельного банку даних для автоматизації обліку земельних ділянок і нерухомості [19, ст. 88].

Національна система моніторингу земель в Швеції направлена на здійснення моніторингу рослинності і ґрунтів. З цією метою було обрано 20 територій, на яких проводять дослідження мікробіологічних процесів, хімічний аналіз.

Розвиток геоінформаційних систем не стоїть на місці. Як зазначають, Лабенко Д.П. і Тімонін В.О.: “у міру того, як ми входимо в четверте десятиріччя інформаційної революції в геоінформаційних системах, одна з найважливіших вимог користувачів до просторових даних – отримання високоякісних тривимірних даних – досі залишається найскладнішою проблемою. Людям, що займаються тривимірним моделюванням і впровадженням програмного забезпечення для імітації руху об’єктів в просторі, необхідні цифрові моделі місцевості і рельєфу” [18; ст 17].

Отже, різні держави розробляють і удосконалюють свої системи управління земельними ресурсами з властивими їм специфічними особливостями. При порівнянні цих систем можна виділити схожі риси, які полягають у тому, що органи державної влади відіграють головну роль в питаннях землекористування на усіх рівнях управління. Вивчення

зарубіжного досвіду управління земельними ресурсами і впровадження заходів щодо раціонального використання землі може дати позитивний ефект в здійсненні земельної реформи в Україні. Для цього необхідно вдосконалити законодавчу базу щодо геоінформаційних інструментів регулювання використання земель.

## **2.2. Напрями геоінформаційного аналізу впливу зонування території**

У межах містобудівного планування, управління земельними ресурсами та просторового розвитку територій геоінформаційний аналіз стає ключовим інструментом прийняття обґрунтованих рішень. Завдяки розвинутому функціоналу сучасних ГІС-платформ, фахівці щоденно виконують широкий спектр типових завдань геопросторового аналізу, що забезпечують виявлення закономірностей, контроль динаміки змін і формування рішень щодо оптимального використання території.

Найбільш загальні завдання геоаналізу, що мають безпосереднє застосування у дослідженнях зонування великого міста, включають:

1. Аналіз місця розташування об'єктів - це базова операція, яка передбачає визначення координатного положення об'єктів на карті та їх просторове співвідношення із сусідніми елементами міського середовища. Наприклад, при аналізі зонування вивчається, де саме розташовані об'єкти громадського призначення, комерційної забудови, зелені зони тощо. Це дозволяє ідентифікувати відхилення від затвердженого плану або визначити зони потенційної реконструкції.

2. Аналіз розподілу числових показників, а дослідження просторового розподілу атрибутивних даних – таких як щільність населення, кількість житлових будинків, інтенсивність забудови, кількість порушень зонування тощо. За допомогою відповідних візуалізацій можна виявити зони

перевищення або дефіциту певних характеристик, що формує основу для подальшої корекції зонального плану.

3. Побудова карт щільності використовується для створення тематичних карт, які ілюструють концентрацію певного явища на території. Зокрема, для великих міст важливо створювати карти щільності населення, транспортного навантаження, розміщення об'єктів соціальної інфраструктури. Така інформація використовується при плануванні нових житлових районів, інфраструктурних об'єктів або зон рекреації.

4. Пошук об'єктів у середині області, що дозволяє визначити, які об'єкти розташовані в межах певної території або зони впливу. Наприклад, при плануванні нової функціональної зони (житлової, комерційної, промислової) необхідно дослідити, які будівлі, земельні ділянки чи об'єкти культурної спадщини уже розміщені в межах цієї території, і як їх наявність впливає на прийняття рішень.

5. Аналіз оточення - це дослідження просторового контексту об'єкта – що знаходиться поруч, на які об'єкти або зони він впливає, і як сам залежить від них. Такий аналіз особливо важливий при плануванні буферних зон, об'єктів, що потребують особливого режиму охорони (школи, лікарні, природні території), або інженерної інфраструктури.

6. Аналіз просторових змін є одним із ключових завдань у містобудівному моніторингу. Завдяки часовим даним або супутниковим знімкам, можна виявити зміни у забудові, трансформацію ландшафту, динаміку розростання міста. Це дозволяє своєчасно реагувати на порушення або проводити ревізію містобудівної документації.

Вирішення цих питань за допомогою власних засобів геоінформаційних систем і залученням зовнішніх моделюючих систем дає можливість (наприклад):

- Обґрунтовувати функціональне призначення міських територій шляхом врахування численних чинників – таких як щільність населення, наявна забудова, транспортна доступність, наявність інженерної інфраструктури

та екологічна ситуація. Наприклад, це дає змогу раціонально визначити розміщення нових об'єктів освіти, охорони здоров'я чи комерційної інфраструктури відповідно до зонального плану та потреб мешканців.

- Виконувати прогнозування впливу змін зонування на міський розвиток. За допомогою сценарного моделювання в ГІС можна оцінити, як зміна функціонального призначення окремих ділянок (наприклад, із житлового на багатофункціональне) вплине на транспортне навантаження, соціальну інфраструктуру або довкілля в середньо- та довгостроковій перспективі.
- Оптимізувати схеми розміщення об'єктів транспортної інфраструктури, зокрема виявляти найефективніші варіанти прокладення нових вулиць, шляхопроводів, велосипедних маршрутів, з урахуванням існуючого зонування, рельєфу, забудови й обмежень містобудівного характеру.
- Оцінювати відповідність фактичного землекористування встановленим зональним обмеженням. За допомогою інструментів просторового перетину та класифікації можна виявити ділянки, де фактичне використання не відповідає затвердженим правилам зонування, що є основою для містобудівного контролю та оновлення документації.
- Визначати пріоритетні зони для реновації, забудови або рекреаційного розвитку на основі аналізу багатьох просторових шарів: демографічної структури, рівня забезпеченості об'єктами соціальної інфраструктури, стану навколишнього середовища тощо.
- Оцінювати ефективність роботи міських служб у контексті зонального планування – наприклад, шляхом просторового аналізу реакції служб екстреної допомоги в різних функціональних зонах, або дослідження щільності порушень режиму використання території у житлових та промислових зонах.

В таблиці 2.2.1. вказані напрями застосування геоінформаційних технологій при аналізі територій в різних сферах.

Таблиця 2.2.1.

## Застосування геоінформаційних технологій при аналізі територій

Сфера застосування	Завдання та приклади застосування ГІС
1	2
<p>Моніторинг агроекологічного стану сільськогосподарських земель</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ведення «Історії полів» - інформаційне наповнення бази даних;</li> <li>✓ Моніторинг агротехнічних операцій;</li> <li>✓ Відображення посівів за культурами;</li> <li>✓ Тематичне картографування на різноманітні теми: «Вміст гумусу на полях господарства», «Водорозчинний бор», «Рухомий цинк»;</li> <li>✓ Аналіз господарської діяльності (діаграми, гістограми);</li> <li>✓ Моніторинг стану сільгоспділянок з використанням космічної інформації;</li> <li>✓ Оцінка наявності та стану захисних лісових смуг для боротьби з ерозійними процесами;</li> <li>✓ Тематичне дещефрування космічного знімку дозволяє розраховувати розміри страхового відшкодування в залежності від ступеню пошкодження посівів внаслідок стихійного лиха;</li> <li>✓ Моніторинг змін структури землекористування;</li> <li>✓ Оцінка просторової локалізації та масштабності стихійних явищ. Супутниковий знімок Landsat TM, що показує фрагмент смуги проходження сильного граду в штаті Айова;</li> <li>✓ Моніторинг стану посівів (визначення весняного стану озимих культур)</li> <li>✓ Порівняння площ посівів культур за планами землекористування і супутниковими даними дозволяє фіксувати розбіжності та корегувати вихідні дані щодо площ та конфігурації полів;</li> <li>✓ Визначення ерозійної деградації агроландшафтів;</li> <li>✓ Класифікація ерозійної деградації земель за вегетаційними індексами;</li> <li>✓ Визначення густини та проективного покриття посівів;</li> </ul>

## Продовження таблиці 2.2.1.

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Оцінка просторового розподілу концентрації хлорофілу в рослинах озимої пшениці за допомогою додаткового спектрального каналу «кромка червоного» (690-730 нм)</li> </ul>
Бізнес	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Аналіз застрахованих територій;</li> <li>✓ Відображення районів продаж торгових представників;</li> <li>✓ Аналіз частоти страхових випадків;</li> </ul>
Екологія	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Відображення територій розливів;</li> <li>✓ Аналіз розповсюдження наслідків надзвичайних ситуацій, стихійних лих;</li> <li>✓ Аналіз загрозливих місць;</li> <li>✓ Активність ураганів;</li> <li>✓ Аналіз зон затоплення;</li> <li>✓ Аналіз землетрусів;</li> <li>✓ Забруднення від викидів транспорту;</li> </ul>
Містобудування	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Пошук місця для нової школи, магазину, тощо;</li> <li>✓ Пошук альтернативної дороги до нової школи, магазину, тощо;</li> </ul>
Управління містом	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Стан екологічної безпеки міста;</li> <li>✓ Моніторинг встановлених рекламних засобів;</li> <li>✓ Аналіз маршрутів та диспетчеризація транспорту;</li> <li>✓ Реєстр будинків – паспорт будинку;</li> <li>✓ Стан земельних ділянок міста;</li> <li>✓ Вирішення питання щодо дозволу на виконання земельних робіт в межах міста;</li> <li>✓ Аналіз і моделювання хімічної аварії, розрахунки щодо евакуації населення та усунення надзвичайної ситуації;</li> </ul>

### 2.3. Аналіз даних урбанізованої території в QGIS

Растрові дані значно відрізняються від векторних. Растрові дані є незамінними при роботі з супутниковими знімками, цифровими моделями рельєфу або при аналізі зміни стану земної поверхні у часі. Їх зручно

використовувати для аналізу щільності забудови, теплового зонування, оцінки вегетації, поширення шуму, транспортного забруднення тощо. Водночас, векторні дані дозволяють створювати точні межі зон, моделювати структуру вуличної мережі, будівель, зон функціонального призначення тощо, що є критичним для містобудівного планування та земельного адміністрування.

Нижче подано порівняльну таблицю, що узагальнює основні відмінності між цими типами просторових даних у контексті ГІС-зонування:

Таблиця 2.3.1.

## Порівняння векторних і растрових даних

Критерій	Векторні дані (Vector)	Растрові дані (Raster)
1	2	3
Структура даних	Точки, лінії, полігони	Сітка пікселів із значеннями
Тип об'єктів	Дискретні об'єкти з чіткою геометрією (дороги, будівлі, ділянки)	Безперервні явища або зображення (температура, NDVI, знімки супутників)
Точність розташування	Висока просторова точність	Залежить від роздільної здатності (піксель)
Тип аналізу	Просторові запити, топологія, мережевий аналіз, зонування	Буферизація, оверлей, інтерполяція, класифікація, аналіз змін
Переваги	Точність, структурованість, компактність, ідеально підходить для зонування	Підходить для аналізу неперервних змін, ефективна в обробці великих територій
Недоліки	Складність редагування без помилок топології, потреба в точних межах	Великий обсяг, менша точність для меж, залежність від якості зображення
Застосування у зонуванні міста	Визначення меж зон, аналіз землекористування, побудова кадастрових карт	Великий обсяг, менша точність для меж, залежність від якості зображення
Візуалізація	Карти з чіткими контурами об'єктів	Теплові карти, супутникові знімки, NDVI

## Продовження таблиці 2.3.1

1	2	3
Зберігання і обробка	Ефективне для баз даних, менший обсяг при складній геометрії	Вимагає більше пам'яті, але ефективно при аналізі великих територій

Завантаження растрових даних. Растрові дані можна завантажити тими ж методами, як і для векторних даних. Однак, пропонуємо використовувати панель браузера. Можна качати растри програми NASA про Землю за допомогою плагіна SRTM-Downloader з сайту <https://urs.earthdata.nasa.gov>

Програма NASA Earth Science Data Systems (ESDS) контролює життєвий цикл даних NASA Earth Science Data Systems – від отримання до обробки та розповсюдження. Основною метою ESDS є максимізація наукової віддачі від місій та експериментів NASA для дослідників і прикладних науковців, осіб, які приймають рішення, і суспільства в цілому. Система даних ESDS і наукові продукти постійно розвиваються завдяки поєднанню конкурентних нагород і постійних і стратегічних інвестицій у відкриті дані, міжнародне та міжвідомче партнерство, а також набір стандартів, які забезпечують узгодженість і сумісність. З 1994 року дані NASA про Землю були безкоштовними та відкритими для всіх користувачів з будь-якою метою, а з 2015 року все програмне забезпечення систем даних, розроблене завдяки нагородам NASA за дослідження та технології, стало доступним для громадськості як програмне забезпечення з відкритим кодом (OSS). ESDS входить до компетенції Відділу наук про Землю (ESD) агентства під управлінням наукової місії (SMD) у штаб-квартирі NASA.

Група геоінформаційних систем системи наук про Землю (EGIST) EGIST NASA було створено, щоб забезпечити належне використання та впровадження технології географічної інформаційної системи (ГІС) для підтримки наукових досліджень Землі та прикладної науки для даних EOSDIS.

Портал зміни рівня моря, присвячений темі підвищення рівня моря. Дослідження системи обробки даних для кількох місій. Оскільки архів даних NASA про Землю знаходиться на межі експоненційного зростання, ESDS розробляє архітектуру даних, щоб гарантувати, що дані NASA про Землю з багатьох місій будуть доступні якомога раніше в процесі місії, а також будуть доступними, сумісними та багаторазовими. Проект системи даних та інформації про науку про Землю (ESDIS). Проект ESDIS керує операціями EOSDIS, включаючи системи обробки під керівництвом наукових дослідників (SIPS), центри розподілених активних архівів (DAAC) і можливості наземного й атмосферного аналізу майже в реальному часі для EOS (LANCE).

Інформаційна система Землі Проект NASA Earth Information System (EIS) забезпечує глобальну структуру аналізу, яка об'єднує інформацію та дані з різних супутникових місій, модельних платформ і дослідницьких програм для покращення нашого розуміння складних систем нашої планети. Програма комерційного збору даних Smallsat (CSDA). CSDA було створено для виявлення, оцінки та отримання зображень і даних дистанційного зондування, які підтримують дослідження та прикладну діяльність NASA в галузі науки про Землю. Landsat і Sentinel-2 (HLS) Проект HLS отримує вхідні дані від датчиків на борту спільних супутників NASA/USGS Landsat 8 і Landsat 9 і супутників ESA (Європейського космічного агентства) Sentinel-2A і Sentinel-2B для створення узгодженої, готової до аналізу поверхні з роздільною здатністю 30 метрів. продукт даних про відбивну здатність із спостереженнями кожні два-три дні.

Платформа багатоцільового алгоритму та аналізу (MAAP) MAAP – це спільний проект NASA та ESA, спрямований на підтримку досліджень надземної біомаси. Робочі групи системи даних наук про Землю (ESDSWG) ESDSWG зосереджується на вивченні та розробці рекомендацій, отриманих на основі відповідних уявлень спільноти про неоднорідні та розподілені системи даних NASA про Землю. Проект візуалізації, дослідження та аналізу даних (VEDA). VEDA консолідує механізми доставки ГІС, платформи обробки,

служби аналізу та інструменти візуалізації та надає екосистему відкритих інструментів для вирішення наукових досліджень і потреб прикладних програм.

Створення віртуального растру. Якщо для вашої території завантажилось декілька растрів, це означає, що вам доведеться весь час працювати з декількома растрами. Це не зручно і краще мати один файл для роботи. В QGIS можна створити віртуальний растр. Його також часто називають каталогом, що пояснює його функцію. Насправді це не новий растр, скоріше це спосіб упорядкувати існуючі растри в один каталог: один файл для легкого доступу. Для створення каталогу Processing Toolbox → GDAL → Raster miscellaneous → Build virtual raster.

У діалоговому вікні, що з'явиться, клацніть кнопку ... поруч із параметром Вхідні шари та позначте всі шари або скористайтеся кнопкою Вибрати все Та оберіть Виконати, отримаємо Віртуальний один растр.

Об'єднання растрів. Якщо потрібно створити новий растровий шар і зберегти його на диску, ви можете скористатися алгоритмом злиття:

Processing Toolbox → GDAL → Raster miscellaneous → Merge.

Зміна растрової символіки. Не всі растрові дані є аерофотознімками. Існує багато інших форм растрових даних, і в багатьох із цих випадків важливо символізувати їх, щоб вони стали належним чином видимими та корисними.

Завантажений растр є цифровою моделлю висоти (DEM). Це карта рельєфу місцевості, яка дозволяє нам побачити, наприклад, де розташовані гори та долини. Хоча кожен піксель набору даних попереднього розділу містив інформацію про колір, у DEM кожен піксель містить значення висоти. Коли ЦМР завантажено, ви помітите, що це зображення у відтінках сірого.

Є 2 способи зміни символіки растру:

□ У діалоговому вікні «Властивості шару» клацніть правою кнопкою миші на шарі і виберіть параметр «Властивості». Потім перейдіть на вкладку Символіка;

□ Клацнувши на символіці, відкрийте кнопку панелі Layer Styling над панеллю Layers (клавіша клавіш F7). Це відкриє панель «Стили шару», де ви зможете перейти на вкладку «Символіка».

Односмуговий сірий. Градієнт кольору за замовчуванням встановлено на значення від чорного до білого, тобто низькі значення пікселів є чорними, а високі – білими. Спробуйте інвертувати цей параметр із білого на чорний і подивіться на результати. Дуже важливим є параметр підвищення контрастності: за замовчуванням для нього встановлено значення Stretch to MinMax, що означає, що значення пікселів розтягуються до мінімального та максимального значень. Але які мінімальні та максимальні значення слід використовувати для розтягування? Ті, які зараз знаходяться в налаштуваннях мінімального/максимального значення. Є багато способів обчислити мінімальне та максимальне значення та використати їх для розтяжки:

- Визначається користувачем: ви вводите мінімальне та максимальне значення вручну;
- Кумулятивне скорочення підрахунку: це корисно, коли у вас є дуже низькі або високі значення. Він скорочує 2% (або значення, яке ви виберете) цих значень;
- Мінімальне/максимальне значення: дійсне або розраховане мінімальне та максимальне значення растру;
- Середнє +/- стандартне відхилення: значення будуть розраховані відповідно до середнього значення та стандартного відхилення.

Односмуговий псевдоколір. Відтінки сірого не завжди є зручним стилем для растрових шарів. Спробуємо зробити DEM більш різнокольоровим. Змініть тип візуалізації на Singleband псевдоколір. Якщо вам не подобаються завантажені кольори за замовчуванням, виберіть інший діапазон кольорів, натисніть кнопку Класифікувати, щоб створити нову класифікацію кольорів, якщо вона не генерується автоматично, натисніть кнопку ОК, щоб застосувати цю класифікацію до DEM

Це цікавий спосіб подивитися на DEM. Тепер ми побачимо, що значення растру знову правильно відображаються, починаючи від синього для нижчих областей до червоного для вищих.

Зміна прозорості. Іноді зміна прозорості всього растрового шару може допомогти нам побачити інші шари, покриті самим растром, і краще зрозуміти область дослідження. Щоб змінити прозорість усього растру, перейдіть на вкладку Прозорість і скористайтеся повзунком глобальної непрозорості, щоб зменшити непрозорість.

Аналіз рельєфу. Певні типи растрів дають змогу краще зрозуміти місцевість, яку вони представляють. Цифрові моделі висоти (ЦМР) особливо корисні в цьому відношенні. Інструменти аналізу місцевості потрібні, щоб дізнатися більше про досліджувану територію для запропонованої житлової забудови.

Розрахунок відтінку пагорба (Hillshade). Шар DEM показує висоту рельєфу, але іноді він може здатися трохи абстрактним. Він містить всю необхідну 3D-інформацію про місцевість, але не виглядає як 3D-об'єкт. Щоб отримати краще враження про рельєф, можна розрахувати відтінок пагорба, який є растром, який наноситься на карту рельєфу за допомогою світла й тіні для створення 3D-зображення. Ми будемо використовувати алгоритми в меню Raster → Raster terrain analysis, оберіть Hillshade. Алгоритм дозволяє вказати положення джерела світла: азимут має значення від 0 (північ) до 90 (схід), 180 (південь) і 270 (захід), тоді як вертикальний кут встановлює, наскільки високо знаходиться джерело світла (0 до 90 градусів). Ми будемо використовувати такі значення: Коефіцієнт Z при 1,0 Азимут (дирекційний кут) 300,0° Вертикальний кут 40,0°.

Використання відтінку пагорба як накладання. Відтінок пагорба може надати дуже корисну інформацію про сонячне світло в певний час доби. Але це також можна використовувати в естетичних цілях, щоб карта виглядала краще. Ключ до цього полягає в тому, щоб відтінок був здебільшого прозорим:

1. Змініть символіку створеного шару, щоб використовувати схему псевдокольору, як у попередній вправі.
2. Сховайте всі шари, крім створеного і Hillshade
3. Натисніть і перетягніть створений шар під шар Hillshade на панелі «Шари»
4. Налаштуйте шар Hillshade прозорим, клацнувши вкладку «Прозорість» у властивостях шару
5. Встановіть глобальну непрозорість на 50%.

Використовуючи таким чином відтінок, можна покращити рельєф ландшафту. Якщо ефект здається вам недостатньо сильним, ви можете змінити прозорість шару відтінку; але, звичайно, чим яскравішою стає тінь, тим тьмянішими будуть кольори за нею. Вам потрібно буде знайти баланс, який вам підходить.

Пошук найкращих ділянок. Уявімо, що покупці зараз хочуть придбати будівлю та побудувати на цій території менший котедж. У південній півкулі ми знаємо, що ідеальна ділянка для забудови повинна мати такі ділянки, які: орієнтовані на північ з ухилом менше 5 градусів. Але якщо ухил менше 2 градусів, то кут не має значення. Давайте знайдемо для них найкращі місця.

Розрахунок ухилу (Slope). Схил інформує про те, наскільки крутий рельєф. Якщо, наприклад, ви хочете побудувати будинки на цій землі, то вам потрібна відносно рівна земля. Щоб розрахувати ухил, необхідно скористатися алгоритмом ухилу Processing → Raster terrain analysis → Slope.

1. Відкрийте алгоритм.
2. Виберіть растр як шар висоти.
3. Введіть коефіцієнт Z на рівні 1,0.
4. Збережіть вихідні дані як файл із назвою slope у тій же папці, що й відтінок пагорба.
5. Натиснемо «Виконати».

Тепер ви побачите нахил місцевості, кожен піксель містить відповідне значення нахилу. Чорні пікселі відображають рівнинну місцевість, а білі пікселі – круту місцевість

Розрахунок експозиції схилу. Експозиція схилу (Aspect) – це напрямок за компасом, на який звернений схил місцевості. Аспект 0 означає, що схил орієнтований на північ, 90 на схід, 180 на південь і 270 на захід. Оскільки це дослідження проводиться в південній півкулі, в ідеалі нерухомість слід будувати на північному схилі, щоб вони могли залишатися на сонячному світлі. Використаємо алгоритм експозиції (Aspect). Панель інструментів обробки даних → Растровий аналіз території → Експозиція.

Знаходження північного боку. Тепер у вас є растри, які показують вам як Ухил, так і Експозицію, але ви не можете відразу дізнатися, де ідеальні умови. Як можна зробити цей аналіз? Відповідь лежить у растровому калькуляторі. У QGIS доступні різні растрові калькулятори:

1. Растр → Калькулятор растру
2. Панель інструментів обробки даних:
  - 2.1. Растровий аналіз → Растровий калькулятор
  - 2.2. GDAL → Растрові розбіжності → Калькулятор растрів
  - 2.3. SAGA → Raster calculus → Raster calculator

Кожен інструмент дає однакові результати, але синтаксис може дещо відрізнятися, і доступність операторів може відрізнятися. Ми будемо використовувати Панель інструментів обробки даних → Растровий аналіз → Растровий калькулятор. Відкрийте інструмент, двічі клацнувши його. Ліва верхня частина діалогового вікна містить список усіх завантажених растрових шарів як ім'я@N, де ім'я – це ім'я шару, а N – смуга. У верхній правій частині ви побачите багато різних операторів. Зупиніться на мить, щоб подумати, що растр – це зображення. Ви повинні бачити це як двовимірну матрицю, заповнену числами. Північ знаходиться на 0 (нуль) градусів, тому, щоб рельєф дивився на північ, її експозиція має бути більше 270 градусів або менше 90 градусів. Тому формула така: "Експозиція@1" <= 90 OR "Експозиція@1" >= 270. Тепер потрібно налаштувати деталі растру, розмір комірки, екстент і CRS. Це можна зробити вручну або встановити автоматично, вибравши базовий шар. Виберемо базовий шар, натиснувши кнопку ... поруч із параметром

Reference layer(s). У діалоговому вікні виберемо шар Експозиція, тому що ми хочемо отримати шар з такою ж роздільною здатністю. Збережемо шар як Експозиція\_Північ. Діалог має виглядати так

Тепер, створимо два нових шари з DEM. Перший визначає ділянки, де нахил більше або дорівнює 2 градусам, другий аналогічний, але ухил повинен бути менше або дорівнювати 5 градусам, для цього введемо в растровому калькуляторі: "Схил@1" >= 2

Об'єднання результатів растрового аналізу. Тепер ми створили три растрові шари вимірів:

1. Експозиція\_Північ: місцевість звернена на північ;
2. Схил менше 2: нахил дорівнює або більше 2 градусів;
3. Схил менше 5: нахил дорівнює або менше 5 градусів;

Якщо умова виконується, значення пікселя дорівнює 1. В інших місцях воно дорівнює 0. Тому, якщо ми перемножимо ці растри, пікселі, які мають значення 1 для всіх них, отримають значення 1 (решта отримає 0). Необхідні умови: при нахилі 5 градусів або нижче місцевість повинна бути спрямована на північ при або нижче 2 градусів нахилу, напрямок місцевості не має значення.

Таким чином, нам потрібно знайти ділянки, де нахил становить п'ять градусів або нижче, і місцевість звернена на північ, або схил становить 2 градуси або нижче. Така місцевість підійде для забудови. Щоб обчислити площі, які задовольняють цим критеріям відкриємо Растровий калькулятор і запишемо такий вираз:

("Експозиція\_Північ@1" = 1 AND "Схил@1" <= 5@1" = 1) OR "Схил@1" <= 2@1" = 1

Встановіть для параметра опорного шару(-ів) значення Експозиція\_Північ (не має значення, якщо ви виберете інший – усі вони були обчислені з Віртуального) Натисніть Виконати, отримаємо:

Можна ще спростити наші дії, ввівши формулу:

"Експозиція@1" <= 90 OR "Експозиція@1" >= 270 AND "Схил@1" <= 5 OR "Схил@1" >= 2.

Спрощення растру. Як ви можете бачити на зображенні вище, комбінований аналіз залишив нам багато дуже маленьких областей, де умови виконуються (білим). Але вони не дуже корисні для нашого аналізу, оскільки вони надто малі, щоб на них щось будувати. Давайте позбудемося всіх цих крихітних непридатних ділянок. Відкрийте інструмент Відсіювання (Sieve): GDAL → Raster Analysis на панелі інструментів обробки. Встановіть для вхідного файлу значення Обрана територія, а для параметра Sieved – Обрана\_територія\_sieve.tif. Встановіть Поріг на 8 (мінімум вісім безперервних пікселів) і поставте прапорець Use 8-зв'язність.

Цей растр, як і той, з якого він отриманий, має містити лише значення 1 і 0, але він також має дуже велике від'ємне число. Дослідження даних показує, що це число діє як нульове значення. Оскільки ми шукаємо лише ті області, які не були відфільтровані, давайте встановимо ці нульові значення на нуль.

Відкриємо растровий калькулятор і побудуємо цей вираз:

"Відсіаний@1" <= 0) = 0

Це збереже всі невід'ємні значення та встановить від'ємні числа на нуль, залишивши всі області зі значенням 1 недоторканими.

Це те, що очікувалося: спрощена версія попередніх результатів. Якщо результати, які ви отримуєте від інструменту, не такі, як ви очікували, перегляд метаданих (і векторних атрибутів, якщо є) може виявитися важливим для вирішення проблеми.

Перекласифікація растру. Ми використовували растровий калькулятор для обчислень растрових шарів. Існує ще один потужний інструмент, який ми можемо використовувати для отримання інформації з існуючих шарів. Повертаємося до шару Експозиції. Тепер ми знаємо, що він має числові значення в діапазоні від 0 до 360. Що ми хочемо зробити, це перекласифікувати цей растр до інших дискретних значень (від 1 до 4), залежно від аспекту: 1 = північ (від 0 до 45 і від 315 до 360); 2 = Схід (від 45

до 135) 3 = південь (від 135 до 225) 4 = Захід (від 225 до 315). Цю операцію можна виконати за допомогою растрового калькулятора, але формула стане дуже великою. Альтернативним інструментом є інструмент *Перекласифікувати за таблицею* в растровому аналізі на панелі інструментів обробки. Відкрийте інструмент → Виберіть «Експозиція» як вхідний растровий шар → Натисніть на ... таблиці перекласифікації. Відкриється діалогове вікно у вигляді таблиці, у якому ви можете вибрати мінімальне, максимальне та нові значення для кожного класу. Натисніть кнопку Додати рядок і додайте 5 рядків. Заповніть кожен рядок, як на зображенні нижче, і натисніть ОК.

Метод, який використовує алгоритм для обробки порогових значень кожного класу, визначається межами діапазону.

Якщо порівняти растр Експозиції з перекласифікованим, то великих відмінностей немає. Але, переглянувши легенду, можемо побачити, що значення змінюються від 1 до 4. Давайте надамо цьому шару кращий стиль. Відкрийте панель «Стилі шару». Виберіть палітри/унікальні значення замість односмугового сірого натисніть кнопку Класифікувати, щоб автоматично отримати значення та призначити їм випадкові кольори.

Завдяки цій перекласифікації та стилю палітри, застосованому до шару, можемо одразу розрізнити області Експозиції схилів.

Запит растру. На відміну від векторних шарів, растрові шари не мають таблиці атрибутів. Кожен піксель містить одне або кілька числових значень (одноканальні або багатоканальні растри). Усі растрові шари, які ми використовували в цій вправі, складаються лише з однієї смуги. Залежно від шару значення пікселів можуть представляти значення висоти, експозиції або ухилу. Щоб отримати значення пікселя ми можемо скористатися кнопкою ідентифікації функцій. Виберіть інструмент на панелі атрибутів

. Клацніть на випадковому місці растру. Результати ідентифікації з'являться зі значенням діапазону в клацанні місця.

Перейдемо до плагінів → Керування/встановлення плагінів... На вкладці «Усі» введемо значення t у полі пошуку Виберіть плагін Value Tool, натиснимо Install Plugin, а потім закрийте діалогове вікно.

З'явиться нова панель Value Tool. Якщо ви закриєте панель, зможемо знову відкрити її, увімкнувши її в меню Перегляд → Панелі → Інструмент значень або клацнувши піктограму на панелі інструментів.

Щоб використовувати плагін, встановимо прапорець «Увімкнути» та переконайтеся, що шар растру активний (позначено) на панелі «Шари». Наведемо курсор на карту, щоб побачити значення пікселів.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Проаналізований закордонний досвід (Канади, США, Великобританії, Бельгії, Німеччини, Нідерландів, Франції, Швеції моніторингу земель, який в більшості розвинутих країн здійснюється вже більше 30-40 років. При порівнянні систем моніторингу земель даних країн, виявлено, що органи державної влади відіграють головну роль в питаннях землекористування на усіх рівнях управління.

2. Сформульовано напрями використання геоінформаційних технологій при аналізі території з прикладами, зокрема: аналіз місця розташування об'єктів; аналіз розподілу числових показників; побудова карт щільності; пошук об'єктів усередині області; аналіз оточення; аналіз просторових змін, тощо.

3. Сформульовано методикку аналізу растрових даних, зокрема: завантаження растрових даних рельєфу, обрізка растру, зміна растрової символіки, прозорості, аналіз рельєфу: розрахунок відтінку пагорба, розрахунок ухилу, відображення експозиції схилу, використання растрового калькулятора, спрощення растру, перекласифікація растру за таблицею, запит даних по растру.

## РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ЗОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЄВА

### 3.1. Загальні відомості про територію, що аналізується

Місто Київ, як столиця України, виконує ключову роль у національній урбаністичній структурі, і його подальший розвиток потребує науково обґрунтованого підходу до територіального планування. У сучасних умовах таке планування має базуватись на принципах сталого розвитку, збалансованого просторового розподілу функцій, гармонійного співіснування природного і антропогенного середовища, а також забезпечення високої якості життя населення. В цьому контексті використання інструментів геоінформаційних систем (ГІС) є невід'ємною складовою підходу до аналізу, прогнозування та прийняття управлінських рішень у сфері зонування.

Концепція перспективного розвитку міста Києва має ґрунтуватися на сучасних європейських і світових засадах просторового планування, зокрема таких як: сталий розвиток, збереження історико-культурної спадщини та природних ландшафтів, гуманістична орієнтація містобудування та екологічна безпека міського середовища. Основою має стати ландшафтний план, який дозволяє інтегрувати географічні, екологічні та соціально-економічні чинники при плануванні просторової організації міста. Використання ГІС у створенні ландшафтного плану забезпечує можливість урахування цифрових моделей рельєфу, даних землекористування, карт екологічних ризиків, зон затоплення, шумових та вібраційних навантажень, а також історичних ареалів.

На сучасному етапі місто Київ вже не можна розглядати у відриві від його приміської зони, що набуває рис метрополісного регіону, або ж Київської агломерації. Така агломерація охоплює не лише адміністративні межі столиці, але й систему прилеглих населених пунктів, що функціонально пов'язані з Києвом через трудові потоки, транспортну інфраструктуру та комунальні

сервіси. У зв'язку з цим, одним із першочергових завдань просторового планування є чітке розмежування територіальних поясів:

- Центральне ядро — адміністративна межа міста Києва.
- Близній приміський пояс — зона безпосереднього впливу урбанізації, де необхідно обмежити подальшу хаотичну забудову, запобігти злиттю населених пунктів та розширити озеленені зони.
- Дальній приміський пояс (поза межами Великої кільцевої дороги) — територія для перспективних центрів зростання, які мають бути чітко визначені за допомогою ГІС-аналізу територій за такими критеріями: доступність інфраструктури, транспортна досяжність, природні обмеження, екологічна безпека.

ГІС дає змогу здійснити багатофакторну оцінку кожної потенційної зони розширення та на основі цього створити моделі розселення, що дозволять збалансувати співвідношення населення Києва та приміської зони. Згідно з плановими орієнтирами, у проектному періоді доцільним є встановлення пропорції 1,5:1 на користь Києва, з подальшим досягненням паритету у позапроектний період.

Одним із ключових чинників, що формує просторову структуру міста, є транспортна інфраструктура. Просторовий аналіз маршрутів, транспортних потоків, рівня завантаженості вулиць та інтенсивності пересування є критично важливим для прийняття рішень щодо розвитку вулично-дорожньої мережі. За допомогою інструментів мережевого аналізу в ГІС, можна моделювати оптимальні маршрути руху, виявляти «вузькі місця», оцінювати доступність об'єктів та прогнозувати наслідки реалізації нових транспортних проектів.

У найближчому майбутньому пріоритетними напрямками є:

1. Будівництво Великої кільцевої автомобільної дороги з інтеграцією її в загальноміську транспортну модель.
2. Спорудження нових мостових переходів через Дніпро, що дозволить рівномірніше розподілити трафік між лівобережною та правобережною частинами міста.

3. Організація перехоплюючих парковок біля крайніх станцій метрополітену (Одеський, Житомирський, Чернігівський, Бориспільський, Вишгородський напрямки) для зменшення транспортного навантаження на центр міста.

Всі ці об'єкти потребують геопросторового обґрунтування, включно з аналізом впливу на навколишнє середовище, соціально-економічні показники та існуючу забудову.

### **3.2. Геопросторовий аналіз території Києва за придатністю до забудови**

Цифрова модель рельєфу є основою для виконання широкого спектру аналітичних задач – містобудівних (придатність території для будівництва), екологічних (міграція забруднень в ґрунті, аналіз зон підтоплення, зон ерозії etc), сільськогосподарських (вітрове навантаження на територію, пошук місць для розташування лісосмуг etc), соціальних (якість та доступність ландшафту) та інших.

Можна із впевненістю сказати, що в українських реаліях якісна інформація про рельєф є одним із основних джерел даних, що дає можливість проводити змістовний аналіз територій.

*Підготовка вихідних даних.*

Підключіть межі територіальних громад із файлу `terhromad.geojson` (`DATA_QGIS→source`). Увімкніть підписи шарів, знайдіть межі потрібної Вам громади та збережіть їх в окремий шар в свою папку. Далі будете працювати лише з територією своєї громади.

Обріжимо растрові дані рельєфу по межі громади: Растр→Вилучення→Вирізати растр за шаром маски..., обираємо Вхідний шар – завантажений растр, Шар маски – межі громади чи областіБ що розглядається; обов'язково поставити галочку; Зберегти роздільну задтність вхідного растру

Виокремимо вузли (точки) з шару горизонталі, для цього: На Панелі інструментів Обробки даних виберемо «Векторна геометрія»→Extract values (Створити шар з вершин) або Points along geometry (Точки вздовж геометрії).

Об'єднаємо два шари з точками в один: Merge vector layers (Об'єднання векторних шарів). Утвориться новий шар з точками в нашій база даних: gp\_points, можемо подивитися кількість об'єктів в шарі.

Отримаємо висотні точки з растру, використавши інструмент Raster pixels to points.

Налаштуємо символіку для нового растрового шару, оберемо тип візуалізації – одноканальний псевдоколір та призначимо кольори відповідно до значень (1 – зелений – сприятлива територія для будівництва, 2 – рожевий – малосприятлива територія для будівництва, 3 - червоний – несприятлива територія для будівництва).

Карта ухилів території може бути потрібна, наприклад, для визначення сприятливих зон для будівництва за ухилами. Візуалізація даних про ухили у вигляді діаграм. Їх використання є доцільним, коли "сиря" інформація є важкою для інтуїтивного сприйняття.

Підготовка вихідних даних. Треба обрізати шар ЦМР по межах висотних точок. Переведем точковий шар у полігональний побудувавши його екстент: Увігнута оболонка (альфа-форми) Concave. Отримали файл з обмежуючим полігоном.

Обріжимо ЦМР використовуючи отриманий полігон: Clip raster by Mask Layer (вирізати растр за шаром маски). Обираємо роздільну здатність результуючого шару таку ж як і вхідного. Отримаємо обрізаний растр в новому шарі. Збережемо цей шар собі в папку: правою кнопкою миші по шарі клацаємо→Експорт→Зберегти як...

Побудуємо растр ухилів (карту ухилів) – інструмент Slope (схил). Отримали растр ухилів, використовуючи інструмент отримання інформації можемо отримати інформацію про ухил в будь-якій точці растру.

Для аналізу растру за ухилами, використаємо дані ДБН Б.2.2.-12:2019 Планування та забудова територій та виконаємо перекласифікацію за таблицею (Reclassify by table).

Далі виконаємо обрізку класифікованого растру в межах населеного пункту використовуючи інструмент Clip raster by Mask Layer (вирізати растр за шаром маски).

### **3.3 Статистичний аналіз території Києва на розвиток житлової забудови**

*Кадастрова карта України* тимчасово закрита, також закритий сервіс *kadastr.live* (Доступ на цей ресурс заблоковано ухвалою Печерського районного суду міста Києва від 28.08.2023 у справі № 757/28575/23-к.) Тому завантажимо дані про землекористування з *OSM-standart*, вони хоч і не повні та не точні, але методика їх аналізу тотожна з точними даними. Використаємо плагін Quick OSM, та завантажимо шар landuse.

Після завантаження отримаємо графічну інформацію та атрибутивні дані про земельні ділянки.

Тепер порахуємо суму площ за типом землекористування, для цього використаємо Функцію «Статистика за категоріями». Поле за категоріями оберемо landuse, шар landuse, поле для розрахунку статистики «Площа».

Отримаємо наступні дані, де count – це кількість ділянок; min - мінімальне значення площі ділянки; max – максимальне значення площі ділянки; sum – сума площ в гектарах.

Стосовно першого постулату немає сумнівів у вигідності геостратегічного положення Києва. Його можна розглядати як метрополіс, який концентрує організаційно-управлінські, фінансові, транспортно-комунікативні, наукові, культурні та інші функції [17]. На зміни урбаністичного простору значно впливає глобалізм.

Г.Фільваров зазначав, що сьогодні ми стикаємося з явищем формулювання урбаністичного простору як деякої цілісності, в якій розрив між містами, країнами і людьми не має того диктуючого, а іноді фатального характеру, як це було колись [22].

У новому Генеральному плані автори взяли до уваги Генеральну схему планування території України, яка визначила роль і місце столиці у подальшому просторовому розвитку держави.

Оскільки Генеральна схема була затверджена у 2002 р., модель довгострокового територіально-планувального розвитку м.Києва увібрала у себе додаткові аспекти, зокрема стосовно траси проходження Великої кільцевої дороги.

Генеральний план розглядає Київ як компактне місто. Це другий постулат, який докорінно змінює стратегію просторового розвитку столиці. Всі роки Київ розвивався екстенсивно, за рахунок приєднання приміських територій. Наразі площа міста становить 83,6 тис. га і на перспективу має залишатися незмінною. Натомість, відбувається внутрішній перерозподіл між міськими територіями різного функціонального використання. Зростає частка житлово-громадської забудови, при цьому зменшується частка промислової та комунальної забудови.

Передбачається збільшення житлового фонду з 63,6 млн м<sup>2</sup> до 84,7 млн м<sup>2</sup> за рахунок нового будівництва та комплексної реконструкції існуючого застарілого житла. Аналіз територіальних ресурсів визначив можливість будівництва житла обсягом 22 млн м<sup>2</sup>.

На основі проведеної роботи основні території для житлового будівництва на перспективу представлені в таблиці 3.3.1.

Передбачається зростання середньої житлової забезпеченості населення житловою площею з 22,3 до 27 м<sup>2</sup>/особу. Цей показник значно нижчий, ніж у розвинутих європейських країнах (35 м<sup>2</sup>/особу і вище), але його збільшення за рахунок міських ресурсів на сьогодні є практично неможливим.

Таблиця 3.3.1.

## Перспективні території для житлової забудови

№	Категорія території	Орієнт. площа забуд.	Характеристика території	Просторові особливості (аналіз ГІС)
1	2	3	4	5
1	Вільні від забудови території (Осокорки-Північні, Осокорки-Центральні, Теремки-3)	≈ 3,5 млн м <sup>2</sup>	Землі у межах житлових масивів, малозабудовані, частково рекреаційного або сільгосппризначення	Низький рівень щільності забудови, потреба в новій інфраструктурі, висока ймовірність конфлікту з природоохоронними зонами
2	Території агропідприємств (просп. Правди, вул. Гречка)	≈ 4,0 млн м <sup>2</sup>	Землі аграрного використання, що підлягають трансформації в житлову зону	Велика площа суцільного освоєння, сприятливе транспортне розташування, потенціал для квартального планування
3	Застарілий житловий фонд для реконструкції	≈ 2,1 млн м <sup>2</sup>	Старі п'ятиповерхові будівлі, низька щільність, зношені мережі	Геопросторово ідентифіковані за допомогою NDVI та забудовних карт, високий потенціал для уплотнення
4	Території промислового/комунального призначення	≈ 10,8 млн м <sup>2</sup>	Промзони на етапі втрати функції або виведення за межі міста	Переважно розташовані вздовж залізничних колій, мають транспортну доступність, але потребують санації ґрунтів

## Продовження таблиці 3.3.1.

1	2	3	4	5
5	Садибна забудова (реконструкція під багатоквартирну)	≈ 0,5 млн м <sup>2</sup>	Малоповерхова приватна забудова у центральних районах	Фрагментовані ділянки, складна інженерна структура, потенціал ущільнення
6	Існуюча садибна забудова (утримання або реконструкція)	≈ 1,1 млн м <sup>2</sup>	Місця компактної забудови, що частково підлягають ревіталізації	Потребують точкової оцінки за принципом "будівля-ділянка"

Слід наголосити, що європейський підхід до будівництва житла виходить не з метражу, а з показника кількості житлових помешкань (зазвичай у багатоквартирній забудові рахується кількість спальних приміщень на одну особу). Це змінює не лише економічний розрахунок потреби у житловому фонді, але й, насамперед, філософію спорудження житла. Житло має бути пристосованим до людини, а не навпаки. Сприйняття нами цієї філософії повертає увагу до ресурсів приміської зони Києва, проект якої розроблявся у складі Генерального плану Києва (розробник – ДП «УкрНДІпроцивільсьбуд»).

У зв'язку з цим третій постулат стосовно інтегрованого розвитку Києва і його приміської зони є ключовим у розумінні географічних особливостей розвитку Києва на сучасному етапі.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. В роботі був здійснений ґрунтовний аналіз взаємозв'язку понять «Київська міська агломерація», «приміська зона Києва», «столичний регіон», «зона впливу Києва і зона спільних інтересів», «Київська локальна система розселення» та було доведено практично повну територіальну тотожність зазначених об'єктів.

2. З наукової точки зору термін «міська агломерація» вважається більш прийнятним, оскільки він ідентифікує об'єкт із зарубіжними аналогами.

В цьому контексті Київську міську агломерацію можна розглядати дихотомічно, виділяючи в її межах власне місто Київ і його приміську зону. Зовнішні межі приміської зони Києва були обґрунтовані ДП «Діпромісто» ще у 2002 р.

3. Вперше при обґрунтуванні меж приміської зони, поряд із іншими чинниками, були використані показники розподілу вартості землі та нерухомості на території області.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження, присвяченого аналізу зонування території міста Києва за допомогою інструментів геоінформаційних систем, була досягнута поставлена мета та реалізовано основні завдання роботи. Робота підтвердила актуальність і практичну цінність використання ГІС у сфері просторового планування та урбаністичного аналізу. Основні наукові та практичні результати можна узагальнити в таких висновках:

1. Визначено теоретичні засади геопросторового аналізу, розкрито поняття просторових даних, типів геоданих (векторних і растрових), їх переваг і недоліків у контексті містобудівного аналізу. Детально охарактеризовано функціональні можливості сучасних ГІС, зокрема інструментів для візуалізації, просторового моделювання, топологічного аналізу, обробки супутникових зображень, аналізу щільності забудови тощо.
2. Окреслено законодавче поле використання ГІС в Україні. Проаналізовано нормативно-правову базу, яка регулює застосування геоінформаційних технологій у сфері землекористування, містобудування та охорони земель. Також здійснено порівняння з міжнародними стандартами (ISO, INSPIRE), що засвідчило необхідність гармонізації українських практик з європейськими підходами.
3. Здійснено огляд наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних фахівців, які активно використовують ГІС у прикладних дослідженнях у сфері землеустрою, урбаністики та просторового планування. Відзначено, що вітчизняна наукова школа поступово наближається до світового рівня за рахунок активного залучення цифрових інструментів у прикладних дослідженнях.
4. Досліджено міжнародний досвід використання ГІС у містобудівному зонуванні, зокрема у країнах ЄС, США та Канаді. Зазначено, що у розвинутих країнах просторове планування на основі ГІС є інструментом

державної політики, із чітким розмежуванням відповідальності між органами влади та муніципалітетами.

5. Запропоновано практичні напрями застосування геоінформаційних систем для аналізу зонування територій. Розглянуто приклади просторових запитів, пошуку об'єктів у межах зон, аналізу щільності населення, ландшафтних та екологічних обмежень, розрахунку навантаження на соціальну інфраструктуру, що підтверджує широкі аналітичні можливості ГІС.
6. Розроблено та реалізовано методикау обробки та аналізу растрових даних, що включає завантаження і редагування DEM (цифрової моделі рельєфу), обчислення ухилів, експозицій, побудову відтінків пагорбів, виконання класифікації даних та інші операції. Цей розділ став основою для моделювання ландшафтних особливостей Києва та їх урахування у зонуванні.
7. Проведено прикладний аналіз житлового зонування Києва, у якому визначено потенційні території для житлової забудови та реконструкції. Встановлено, що значний резерв площ (понад 20 млн м<sup>2</sup>) може бути залучений за рахунок промислових зон, застарілого житлового фонду та сільськогосподарських територій. Зроблено акцент на важливості геопросторової оцінки транспортної доступності, соціальної інфраструктури та екологічних чинників при визначенні пріоритетних зон розвитку.
8. Обґрунтовано необхідність інтегрованого підходу до планування території Києва в межах агломерації, що передбачає врахування міжмуніципального просторового розвитку, як це реалізується у європейських країнах. Розвиток приміських зон має відбуватись з урахуванням балансу між урбанізацією та екологічною стійкістю територій.

ГІС-технології довели свою ефективність як інструмент просторового аналізу при плануванні розвитку великих міст. Їх використання у контексті Києва сприяє прийняттю обґрунтованих містобудівних рішень, підвищенню ефективності землекористування, захисту природного середовища та формуванню комфортного міського середовища для мешканців. У подальшому інтеграція ГІС у систему управління розвитком територій є необхідною умовою для досягнення сталого урбаністичного розвитку столиці України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shaw, S.-L.; Tsou, M.-H.; Ye, X. Human dynamics in the mobile and big data era. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **2016**, *30*, 1687–1693 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [<https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1164317>].
2. Zheng, Z.; Wu, Z.; Chen, Y.; Yang, Z.; Marinello, F. Detection of City Integration Processes in Rapidly Urbanizing Areas Based on Remote Sensing Imagery. *Land* **2020**, *9*, 378. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [<https://doi.org/10.3390/land9100378>].
3. Chi, M.; Plaza, A.; Benediktsson, J.A.; Sun, Z.; Shen, J.; Zhu, Y. Big Data for Remote Sensing: Challenges and Opportunities. *Proc. IEEE* **2016**, *104*, 2207–2219. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [<https://www2.umbc.edu/rssi/pl/people/aplaza/Papers/Journals/2016.PIEEE.Bigdata.pdf>].
4. Dey, N.; Bhatt, C.; Ashour, A.S. *Big Data for Remote Sensing: Visualization, Analysis and Interpretation*; Springer: Cham, Switzerland, 2018; p. 104. [Google Scholar]
5. Sedona, R.; Cavallaro, G.; Jitsev, J.; Strube, A.; Riedel, M.; Benediktsson, J.A. Remote Sensing Big Data Classification with High Performance Distributed Deep Learning. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 3056. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
6. Abd El Karim A, Alogayell HM, Alkadi II, Youssef I. Mapping of GIS-Land Use Suitability in the Rural–Urban Continuum between Ar Riyadh and Al Kharj Cities, KSA Based on the Integrating GIS Multi Criteria Decision Analysis and Analytic Hierarchy Process. *Environments.* **2020**; *7*(10):75. <https://doi.org/10.3390/environments7100075>
7. Randall, T.A. and Baetz, B.W. (2015), A GIS-based land-use diversity index model to measure the degree of suburban sprawl. *Area*, *47*: 360-375. [https://login.research4life.org/tacsgr1doi\\_org/10.1111/area.12182](https://login.research4life.org/tacsgr1doi_org/10.1111/area.12182)

8. Clifton K, Ewing R, Knaap G-J and Song Y 2008 Quantitative analysis of urban form: a multidisciplinary review *Journal of Urbanism* 1 17–45
9. Talen E 2003 Measuring urbanism: issues in smart growth research *Journal of Urban Design* 8 195–215.
10. Ankana, . "Land and Forest Management by Land Use/ Land Cover Analysis and Change Detection Using Remote Sensing and GIS" *Journal of Landscape Ecology*, vol.9, no.1, 2016, pp.63-77. <https://doi.org/10.1515/jlecol-2016-0005>
11. Конституція України : [зі змін. та допов., внесеними Законом України від 1 лют. 2011 р. № 2952-VI]. – Харків : Фактор, 2017. – 118 с.
12. Земельний кодекс України [Електронний ресурс] : від 25.10.2001 р. // Офіц. сайт Верхов. Ради України. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
13. Земельне право: підручник / М.В. Шульга, Н.О. Багай, В.І. Гордєєв тощо; за ред. М.В. Шульги. – Х.: право,2014. -520 с.
14. ДСТУ ISO 19101:2009 «Географічна інформація/геоматика: Географічна інформація – Еталонна модель». – Київ: Держспоживстандарт України, 2011. – 37с.
15. Закон України «Про стандартизацію» - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>
16. Закон України “Про Національну програму інформатизації” від 01.12.2022 № 2807-IX. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-20#Text>
17. Лабенко Д.П., Тімонін В.О. Геоінформаційні системи. Підручник. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 260 с.
18. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.
19. Подліпаєв В. Базовий набір типових геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового

- аналізу // Системи управління, навігації та зв'язку. Том 2 № 54 (2019). – С.12 – 17. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.2>
20. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. Ред.. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
21. Черняга П.Г. Використання ГІС-технологій для виконання моніторингу сільськогосподарських земель та управління угіддями // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск І (17), 2009. – 204-208 С.
22. Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних. 2020 р. Із змінами внесеними згідно із Законами № 1657-ІХ від 15.07.2021; № 2320-ІХ від 20.06.2022; № 2807-ІХ від 01.12.2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>
23. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 вересня 2020 за № 812 “Про утворення Ради з національної інфраструктури геопросторових даних” Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 754 від 21.07.2021; № 966 від 15.09.2021; № 416 від 28.04.2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/812-2020-%D0%BF#Text>
24. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10 листопада 2021 року № 347 зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12 січня 2022 р. за № 21/37357 “Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>
25. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних: посібник. / Ю. О. Карпінський та ін. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с. [Електронний

- ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1WPXtUSpI4-UCbMGf9I8miWHEe1t90dgI/view?usp=drivesdk>
26. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Го-голя, 2014. – 492 с.
27. Закон України "Про доступ до публічної інформації" від 13.01.2011 № 2939-VI <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text>
28. Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
29. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/06/B2212-IB.pdf>
30. ДБН Б.2.2-5-2011 Благоустрій територій. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/24.1.-DBN-B.2.2-52011.-Planuvannya-ta-zabudova-mist-sel.pdf>
31. Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII «Про стратегічну екологічну оцінку» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text>
32. Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII «Про охорону навколишнього природного середовища» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
33. Закон України від 24.06.2004 № 1864-IV «Про екологічну мережу України» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>
34. Закон України від 19.06.2003 № 962-IV «Про охорону земель» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>
35. Закон України від 07.02.2002 № 3059-III «Про Генеральну схему планування території України» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3059-14#Text>
36. Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>

37. Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>
38. Закон України від 27.05.2021 № 711-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/711-20#Text>
39. Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI «Про Державний земельний кадастр». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>
40. Закон України від 2015 р. № 157-VIII «Про добровільне об'єднання територіальних громад» зі змінами від 14.05.2020р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/157-19#Text>
41. OpenStreetMap Standard – вільний веб-картографічний сервіс. [Openstreetmap.org](http://Openstreetmap.org)
42. University Consortium for Geographic Information Science. Roger Tomlinson. URL:<http://ucgis.org/roger-tomlinson>
43. Star J., Estes J. Geographic Information Systems. An Introduction. Prentice Hall, 1990. 303 p.
44. Геоінформаційна система URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Геоінформаційна\\_система](https://uk.wikipedia.org/wiki/Геоінформаційна_система)
45. Cowen David J. GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 54. No 11. November 1988. P. 1551–1555.
46. Rudenko L.G., Chabanyuk V.S. Foundations of the conception of the multigoal GIS of Ukraine. Ukrainian Geographical Journal. 1994. No 3. P. 22–34.
47. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних від 26 травня 2021 р. № 532 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text>
48. Jia, Y.; Tang, L.; Xu, M.; Yang, X. Landscape Pattern Indices for Evaluating Urban Spatial Morphology—A Case Study of Chinese Cities. Ecol. Indic. 2019, 99, 27–37.

49. Lovell, S.T.; Taylor, J.R. Supplying Urban Ecosystem Services through Multifunctional Green Infrastructure in the United States. *Landsc. Ecol.* 2013, 28, 1447–1463.
50. Baur, A.H.; Förster, M.; Kleinschmit, B. The Spatial Dimension of Urban Greenhouse Gas Emissions: Analyzing the Influence of Spatial Structures and LULC Patterns in European Cities. *Landsc. Ecol.* 2015, 30, 1195–1205.
51. Korpilo, S.; Nyberg, E.; Vierikko, K.; Nieminen, H.; Arciniegas, G.; Raymond, C.M. Developing a Multi-Sensory Public Participation GIS (MSPPGIS) Method for Integrating Landscape Values and Soundscapes of Urban Green Infrastructure. *Landsc. Urban Plan.* 2023, 230, 104617
52. Bai, X. Virtual Garden Landscape Planning Based on FPGA and GIS Platform. *Microprocess. Microsyst.* 2020, 79, 103314
53. Толчевська О.Є., Коняєв Ю.Г. ГІС технології в землеустрої// Екологічна безпека та природокористування. <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4b4e849c-5a04-484b-8daf-59e6cc2d83ed/content>
54. Рудомаха А.В. Геоінформаційний аналіз використання земель об'єднаних територіальних громад // Вчені записки ТНУ імені В.І.Вернадського. Серія:технічні науки. Геодезія. Том 30 (69). Ч2. №5, 2019. – С. 181 – 185. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-2/32>. [https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/5\\_2019/part\\_2/34.pdf](https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/5_2019/part_2/34.pdf)
55. Солярчук Д. І. ГІС у прогнозуванні використання та охорони земель. [http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-Lvivskogo-Nats-agrar-univer/APK/2010\\_1/files/10sdpolu.pdf](http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-Lvivskogo-Nats-agrar-univer/APK/2010_1/files/10sdpolu.pdf)
56. Сохнич А.Я., Худякова І.М., Сохнич О.А. Геоінформаційні системи в управлінні земельними ресурсами // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.5. – С. 291 – 295.
57. García-Ayllón, Salvador, and Gloria Martínez. 2023. "Analysis of Correlation between Anthropization Phenomena and Landscape Values of the Territory:

- A GIS Framework Based on Spatial Statistics" ISPRS International Journal of Geo-Information 12, no. 8: 323. <https://doi.org/10.3390/ijgi12080323>
58. Edward Crowther. Використання QGIS у датській групі з розмінування в Афганістані. [https://qgis.org/uk/site/about/case\\_studies/afghanistan.html](https://qgis.org/uk/site/about/case_studies/afghanistan.html)
59. André Duarte. Використання вільних інструментів для опису ландшафтів. Плагін LecosS. [https://qgis.org/uk/site/about/case\\_studies/portugal\\_coimbra.html](https://qgis.org/uk/site/about/case_studies/portugal_coimbra.html)