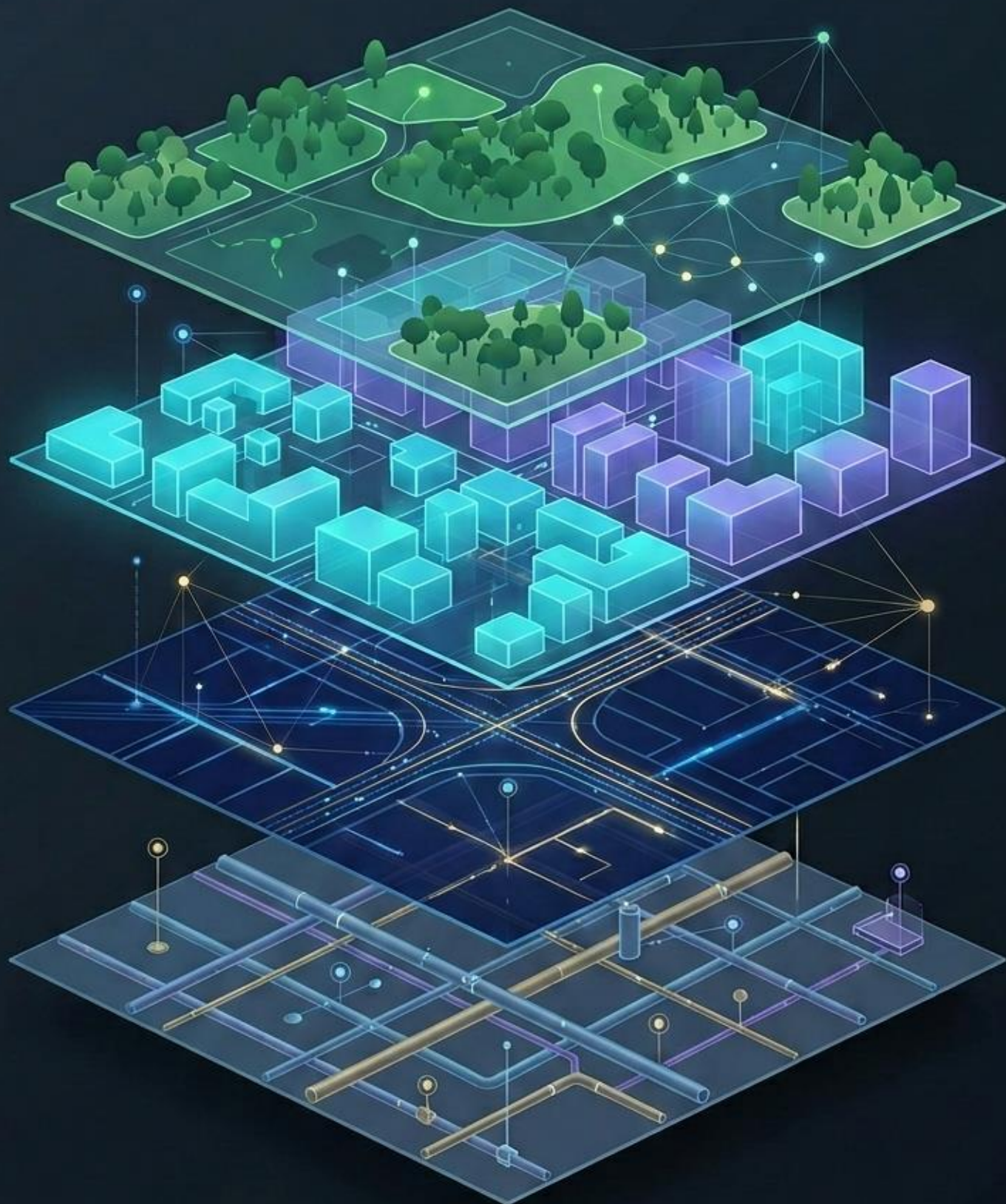


МУНІЦИПАЛЬНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ «ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЇ»
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ЛЯШЕНКО Д.О.

МУНІЦИПАЛЬНІ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Навчальний посібник

Київ - 2026

УДК 529:911.375:004.9:352
ББК 26.179(4Укр)я73 + 65.050.2я73

*Рекомендовано до друку Вченою радою ННІ «Інститут геології»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
(протокол № 11 від 15.04.2026 р.)*

Рецензенти:

Юрій Палеха д.геогр.н., професор, заступник директора з наукової роботи та керівник центру ГІС у НДІ проектування міст «Діпромісто»

Віктор Путренко - д.т.н., професор кафедри Американ Юніверсіті (Київ), директор агенції геопросторових рішень «Агеора»

Ірина Гукалова – д.геогр.н., професор, провідний науковий співробітник, Інститут географії НАН України

Ляшенко Д. (2026) Муніципальні геоінформаційні системи. Навчальний посібник. Загальна редакція В. Зацерковний. Київ. 204 с.

В умовах активізації глобалізаційних процесів та конфліктів у світі, значення міст як домішки для більшості населення планети Територія міст, - це мозаїка забудови, інфраструктури, виробництва, публічних просторів. З метою попередження та подолання конфліктів у міському середовищі, упорядкування інформації про територію міст та обґрунтуванню прийняття рішень управлінцями та громадами використовуються міські або муніципальні геоінформаційні системи.

Начальний посібник рекомендовано для здобувачів, що навчаються за спеціальністю G18 «Геодезія та землеустрій», окремі положення можуть бути корисними для здобувачів спеціальностей G08 «Географія» та G17 «Архітектура та містобудування».

У роботі викладено історію організації міського простору, особливості управління містами а також сучасні підходи до проектування та створення муніципальних ГІС.

© Д. Ляшенко, 2026

© ННІ «Інститут геології» КНУ імені Тараса Шевченка, 2026



*На запитання до трьох каменярів:
«Що ви робите?» – один відповів:
«Заробляю гроші для своєї сім'ї»,
другий: «Обробляю камінь», а
третій: «Будую Собор для людей
та Бога».*

***Притча про будівельників
Реймського собору
(Notre-Dame de Reims)***

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ГІС (GIS) — Геоінформаційна система.

МГІС (MGIS) — Муніципальна геоінформаційна система.

НІГД (NSDI) — Національна інфраструктура геопросторових даних.

ДЗЗ (RS) — Дистанційне зондування Землі.

БПЛА (UAV) — Безпілотний літальний апарат.

ДЗК (SLC) — Державний земельний кадастр.

ЄДЕССБ — Єдина державна електронна система у сфері будівництва.

САПР (CAD) — Система автоматизованого проектування (Computer-Aided Design).

СУБД (DBMS) — Система управління базами даних.

ЦМР (DEM) — Цифрова модель рельєфу.

ЦММ (DTM) — Цифрова модель місцевості.

ЗМІСТ

<i>СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ</i>	5
<i>ЗМІСТ</i>	6
<i>ВСТУП</i>	9
<i>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС В МУНІЦИПАЛЬНОМУ УПРАВЛІННІ</i>	14
1.1. ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ГІС В МІСЬКОМУ УПРАВЛІННІ ТА ПЛАНУВАННІ	14
1.2. ІДЕЇ ТА ЦІННОСТІ В ДОСЛІДЖЕННЯХ МІСТ	19
1.3 ПОЛІТИЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ МІСТ	24
1.4. КОНФЛІКТИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗАЦІЮ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ	28
1.5. СУСПІЛЬНА УГОДА МЕШКАНЦІВ МІСТ	30
1.6. НАУКОВІ ПІДХОДИ У МОДЕЛЮВАННІ МІСТ	34
1.8. МІСТО ЯК ОБ'ЄКТ МОДЕЛЮВАННЯ.	51
1.8.1. Місто як територія і місто як мережа	54
1.8.2 Функції міст	57
1.8.3. СТРУКТУРА МІСТА	58
1.8.4. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ МІСТА (ЗОНІНГ)	60
1.8.6. ПЛАНУВАЛЬНИЙ КАРКАС: МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ТА ПОТОКІВ	64
1.8.7. Міжнародні ініціативи з дослідження міст	68
1.8.8. Дослідження міст та урбаністичні ініціативи в Україні	69
<i>РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ МУНІЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ</i>	72
2.1. ВИКЛИКИ ПОСТМОДЕРНУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МІСТАМИ	73
2.2. ІСТОРІЯ І СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ МІСЬКОГО УПРАВЛІННЯ	75
2.2.1. Місцеве самоуправління	78
2.2.2 Партиципативне управління містами	80
2.3 ЦІЛІ, ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ МІСТ	82
<i>РОЗДІЛ 3. АРХІТЕКТУРА ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ МУНІЦИПАЛЬНИХ ГІС</i>	90
3.1 ІНФРАСТРУКТУРИ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ТА МУНІЦИПАЛЬНІ ГІС	92
3.2. ДЖЕРЕЛА ДАНИХ МГІС	94
3.2.1. ДОКУМЕНТАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ДАНИХ	96

3.2.2. ДАНІ ОБСТЕЖЕНЬ	99
3.2.3. Великі дані у муніципальних ГІС	100
3.2.4. Тривимірна візуалізація та інформаційне моделювання будівель (ВІМ)	103
3.2.5. Якість просторових даних	107
3.2.6. Моделювання міських даних	110
3.2.7. Інтелектуальний аналіз міських даних	115
3.3. ТЕМАТИЧНІ БЛОКИ МУНІЦИПАЛЬНОЇ ГІС	129
3.3.1. Базова інформація про місто	130
3.3.2. Урболандшафти та ресурси території	130
3.3.3. Функціональні зони і забудова	132
3.3.4. Критична інфраструктура	137
3.3.5. Особливості відображення об'єктів зі спеціальним режимом використання та медико-географічний аналіз	138
3.3.6. Теоретичні підходи до визначення та соціальної ролі публічного простору	139
3.3.7. Транспорт, зв'язок та інженерні мережі в муніципальній ГІС	143
3.3.8. Моделювання населення в муніципальних ГІС	151
3.3.9. Чисельність населення і розселення	154
3.3.10. Демографічні процеси	155
3.3.11 Соціальна структура населення	156
3.3.12 Економічний розвиток в межах території міст	157
3.3.13 Гуманітарний розвиток та іміджева привабливість міст у дзеркалі МГІС	160
3.14. Моделювання та аналіз обслуговування населення	161
3.3.14 Безпека населення міст	163
3.3.15. Геоекологічне моделювання та урбоекологічний аналіз міського середовища	165
ПІСЛЯМОВА. МАЙБУТНЄ МІСТ У ЦИФРОВУ ЕПОХУ ТА РОЛЬ ГІС У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ	170
<i>СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ ТА ПОНЯТЬ</i>	<i>172</i>
<i>ЛІТЕРАТУРА</i>	<i>178</i>

Книги і статті	180
Додатки	193
Додаток А.	193
Додаток В.	197
Додаток Г.	198
Додаток Д.	202
<i>ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ НА ЗАЛІК З ДИСЦИПЛІНИ «МУНІЦИПАЛЬНІ ГІС»</i>	<i>202</i>

ВСТУП



1

Попри зусилля національних урядів та міжнародних інституцій, такі виклики, як стихійні лиха, епідемії, збройні та соціальні конфлікти, а також масштабні міграційні процеси, продовжують провокувати надмірну концентрацію населення в містах по всьому світу. Це неминуче призводить до деградації якості життєвого середовища, загострення епідеміологічних ризиків та зростання рівня вразливості цивільного населення.

За таких умов, на тлі інтенсифікації господарської діяльності, процеси муніципального управління характеризуються дедалі вищим рівнем невизначеності та системної складності. Як наслідок, зростає ціна управлінських рішень, що приймаються політиками, містобудівниками, архітекторами та представниками бізнес-спільноти. Ми стаємо свідками

¹ Будинок Держпрому, Харків (фото - суспільне надбання)

трансформації міст у ключові вузли глобальних та локальних потоків — людських ресурсів, речовини, енергії та інформації, що зумовлює пріоритетність просторових аспектів у стратегіях міського розвитку

Людський інтелект прагне до системного осягнення навколишнього світу, описуючи реальність через складну ієрархію абстракцій: категорії, поняття, аналогії та знакові системи. Традиційні форми репрезентації знань — тексти, графічні зображення та математичні моделі — з появою обчислювальної техніки трансформувалися у динамічне цифрове середовище. У цьому контексті цифрові карти стали не просто інструментом візуалізації, а фундаментальною основою для пізнання простору.

Протягом останніх п'яти десятиліть стрімко еволюціонують геоінформаційні системи (ГІС), що базуються на оперуванні геопросторовими даними та дослідженні складних територіальних взаємозв'язків для ефективного муніципального управління. Сучасний етап розвитку галузі характеризується суттєвим розширенням арсеналу методів **геоінформаційного моделювання (ГМ)** міських територій. Воно постає не лише як засіб відображення інформації, а як інструмент її інтелектуальної обробки, що дозволяє генерувати нові знання про закономірності функціонування міських систем (*Руденко та ін., 2011, с. 35*).

Фахівцями обґрунтовано ідею **розумного міста (smart city)** яка ґрунтується на новому типі суспільства, в якому зростає комунікація на основі визначення місцеположення, а громадян закликають діяти як активних збирачів великих даних (Big Data), облаштувати свій особистий простір і в режимі реального часу ділитися своїм місцеположенням через мобільні додатки для оптимізації міських послуг.

Зростає увага до **науки геоінформаційних систем (GIScience)**, яка акцентує увагу на питаннях етики у використанні геоінформаційних технологій та політики управління просторовою інформацією, і є головним інструментом реалізації ідеї розумних міст шляхом реалізації «просторових можливостей» громадян (*Roche, 2014*).

Слід погодитися з професором кафедри міського планування та дизайну Університету Гонконгу (*Yeh, 1999*), що в перші роки створення ГІС дуже мало планувальних відділів муніципалітетів встановлювали їх через непомірну вартість апаратного забезпечення і обмежені можливості програмного забезпечення. Нині ситуація змінюється, і багато муніципалітетів вже не уявляють своєї діяльності щодо обліку активів, оцінювання стратегій, прогнозування діяльності без ГІС.

Перш ніж вести мову про моделювання території муніципалітетів (міст, селищ, громад тощо) засобами геоінформаційних систем, слід визначити наступні ключові питання:

- 1) що є **об'єктом** такого моделювання;
- 2) які є **параметри моделей**;
- 3) хто є **замовником та користувачем** інформаційних систем та сервісів для муніципального управління.

Для формулювання об'єкту вивчення та геоінформаційного моделювання муніципалітетів лежить **ідея міста**.

Видатний давньогрецький мислитель Платон вважав фізичний світ відображенням світу ідей. Подібно до того як предмет, наприклад, чашка, відображається в дзеркалі. Кожна конкретна чашка є відображенням **ідеї** чашки. Чашки можуть бути зроблені з різного матеріалу, мати різний об'єм і форму але в нашій культурі будемо вважати ці предмети чашками.

Аналогічно спробуємо визначити ідею міста та процесів, що відбуваються в місті з позиції різних фахівців (**архітектор, управлінець, інженер, містобудівник, геодезист, оцінювач, географ**) *(Никитин, 2013)*. Ця задача не є простою, оскільки **параметри** міста визначаються в залежності від концентрованого погляду фахівців, які вивчають місто (естетика, комфорт, отримання прибутків, безпека населення), а головне, від відповіді на цілий ряд світоглядних питань: “яка мета існування міста?”, “наскільки можна говорити про розвиток території міста?” та “чи може цей розвиток бути збалансованим?”, «чи є місто достатньо стійким до викликів?», «Як місто долає ці виклики, зокрема, зростання щільності населення, транспортного сполучення між його районами, якості послуг, соціальних конфліктів?».

Відповіді на ці питання пов'язані із прагненням зрозуміти як саме функціонує місто. На обмеженій території перетинаються та взаємодіють низка ареалів та мереж: розселення, зелені зони, водні об'єкти публічні простори, промислові та інфраструктурні об'єкти тощо.

Головною функцією ГІС міста стає не просто картографічне моделювання та аналіз міських даних а підтримка просторових рішень, прогноз та рекомендації для осіб, що приймають рішення. Це представники влади, бізнесу, громадських організацій, місцеві мешканці. Кожна з цих груп користувачів висуває свої власні вимоги до змісту та детальності відображення даних виходячи із своїх завдань. Наприклад ріелторів цікавлять ціни на нерухомість, політичні партії аналізують електоральні настрої, комунальники відображають на карті стан інженерних мереж.

Метою книги є висвітлення особливостей збирання і опрацювання просторових даних про міське середовище, моделювання явищ, процесів та ситуацій в містах для прийняття рішень в сфері державного і корпоративного планування і управління. Вважаємо, що книга буде корисною для здобувачів, що навчаються за спеціальністю G18 «Геодезія та землеустрій», окремі положення можуть бути корисними для здобувачів спеціальностей G08 «Географія» та G17 «Архітектура та містобудування».

Нижче наведено орієнтована структура курсу навчальної дисципліни при підготовці здобувачів магістрів освітньо-наукової програми «Геоінформаційні системи та технології» за спеціальністю G18 «Геодезія та землеустрій».

Тема 1. Територія як господарський ресурс та об'єкт управління.

Тема 2. ГІС як інструмент управління.

Тема 3. Геосистемний підхід в управління територіями.

Тема 4. Містобудівний підхід в управлінні територіями.

Тема 5. Об'єкти моделювання в муніципальних ГІС.

Тема 6. Методологія і методика геоінформаційного моделювання.

Тема 7. Концептуальне моделювання предметної області. Побудова ER та UML діаграм.

Тема 8. Геоінформаційне моделювання в муніципальних ГІС.

Тема 9. Геоінформаційне моделювання активів та ефективності їхнього використання.

Тема 10. Геоінформаційне моделювання демографічної ситуації.

Тема 11. Геоінформаційне моделювання інфраструктури.

Тема 12. Геоінформаційне моделювання для містобудівних задач.

Тема 13. Геоінформаційне моделювання демографічної ситуації та підтримка переписів населення.

Тема 14. Геоінформаційне моделювання стану природного середовища.

У тексті сформульовано фундаментальні підходи до дослідження міських територій та територіальних громад засобами геоінформаційних систем. Варто зауважити, що вибір конкретних інструментальних рішень безпосередньо залежить від специфіки наукових та прикладних завдань у цій сфері.

Написання цього посібника стало можливим завдяки багаторічному досвіду та спільним напрацюванням вітчизняної та міжнародної ГІС-спільноти. Автори висловлюють глибоку вдячність колегам та фахівцям галузі, чий внесок у розвиток методології роботи з геопросторовими

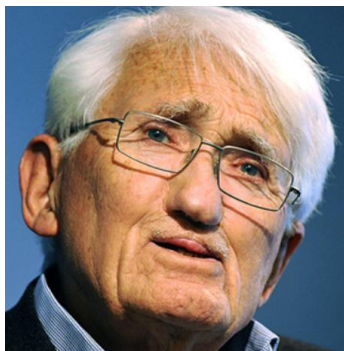
даними та популяризацію їхнього практичного використання сприяв формуванню концептуального бачення цієї праці.

При підготовці цього видання автор дотримувався принципів відповідального та етичного використання генеративних мовних моделей як допоміжного інструменту для структурування та стилістичного редагування матеріалів. Штучний інтелект залучався виключно для технічної обробки тексту, тоді як наукова концепція, інтерпретація джерел та фінальна верифікація фактів залишалися результатом інтелектуальної праці. Використання алгоритмів не замінювало творчий внесок автора, а слугувало засобом підвищення чіткості викладу та оптимізації великих масивів інформації. Усі згенеровані чи впорядковані за допомогою ШІ фрагменти пройшли ретельну критичну перевірку на відповідність академічним стандартам та вимогам достовірності. Вважаю, що такий підхід гарантує прозорість творчого процесу та збереження авторської відповідальності за зміст і висновки книги.

Дмитро Ляшенко
50.4037722°, 30.6709963°
квітень 2026

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС В МУНІЦИПАЛЬНОМУ УПРАВЛІННІ

1.1. ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ГІС В МІСЬКОМУ УПРАВЛІННІ ТА ПЛАНУВАННІ



«Консенсус, досягнутий шляхом комунікації, базується на раціонально обґрунтованому визнанні претензій на значущість. Він не може бути нав'язаний жодною зі сторін — ані зовнішнім впливом, ані внутрішнім маніпулюванням». **Ю. Хабермас** – німецький філософ

Вже починаючи з ранніх етапів розвитку географічних інформаційних систем (ГІС) є важливим інструментом моделювання міст.

Починаючи з 1960-х років ([Dawwas, 2014](#)) можна виокремити кілька етапів їхнього розвитку. У 1960-1970 роки ГІС в процесі раціонального планування визначаються як частина інформаційних технологій орієнтованих на дані. Вважалося, що чим більш детально в ГІС представлена інформація про місто та його інфраструктуру тим більш ймовірно конфлікти в сфері землекористування будуть подолані.

Наступний етап (1970-1980 роки) роль ГІС було розширено від роботи лише з фактами (кількісними показниками) але також із цінностями (інтересами), які впливали на методи, які використовувалися у вирішенні конфліктів землекористування ([Dawwas, 2014](#)).

Наступний етап (1980-1990 роки) набула поширення теорія комунікативного планування, що базувалася на ідеї Ю. Габермаса про те, що консенсус між сторонами можливий за рахунок раціонального спілкування. Планувальники зрозуміли, що окрім типових функцій підготовки карт та аналізу даних, ГІС можуть допомогти у веденні переговорів, поясненні та обговоренні правил та норм планування. Вирішення конфліктів базувалося на консенсусі, сформованому спільнотою осіб у певному місці та часі ([Dawwas, 2014](#)).

Нині роль ГІС у подоланні конфліктів землекористування полягала у сприянні компромісів та співпраці між різними зацікавленими групами з метою забезпечення ефективного використання території міста та забезпечення комфортного життя для всіх жителів міста. В цей час

почалося впровадження методів штучного інтелекту (AI) у ГІС з метою підтримки прийняття «інтелектуальних» багатокритеріальних рішень.

Розроблялися змішані системи з інтеграцією методів ГІС і ШІ, таких як нечітка логіка (Wanek, 2003), клітинні автомати, зокрема для моделювання прогнозування можливих напрямів розвитку міських територій (Xia and Anthony, 2000), генетичні або еволюційні алгоритми та штучні нейронні мережі (Xia, & Anthony, 2005).

В ході своєї еволюції ГІС дає відповіді на різні типи питань (таблиця 1) (Berry, 1999). Перші три стосуються інвентаризації; наступні чотири пов'язані з аналізом, дослідженням взаємозв'язків між даними, що виходять за межі простих просторових операцій

Таблиця 1. Питання, які допомагає вирішувати ГІС

ПИТАННЯ	ФУНКЦІЯ	ПІДХІД
1) Чи можна це відобразити?	Картографування	(Описовий) ДАНІ
2) Де що знаходиться?	Просторовий аналіз	ІНФОРМАЦІЯ
3) Де і коли відбулися зміни?	Часовий аналіз	
4) Які існують взаємозв'язки?	Просторові залежності	
5) Де це найкраще?	Придатність території	
6) Що впливає на що?	Система взаємозв'язків	
7) Що якщо...?	Моделювання	РОЗУМІННЯ (Прогноз)

Значна кількість міських подій, явищ та процесів, що підлягають просторовому аналізу, мають недискретну природу та характеризуються високим рівнем невизначеності (Wanek, 2003). Традиційні методи аналізу зазвичай передбачають трансформацію таких нечітких даних у чіткі (дефазифікацію), що неминуче призводить до втрати частини інформації.

На відміну від методів «чіткого моделювання» (Crisp Modeling), де об'єкти класифікуються за бінарним принципом (так/ні), територіальні одиниці в ГІС часто не мають однозначних меж. Наприклад, при стандартному підході території класифікуються суворо як «забудовані»

або «незабудовані», не залишаючи місця для проміжних станів (напівруїни, зони реконструкції, розріджена забудова).

Застосування апарату **нечіткої логіки** (*Fuzzy Logic*), навпаки, дозволяє враховувати латентну невизначеність даних. Цей підхід оперує нечіткими множинами, де кожен елемент може належати до декількох категорій одночасно з різним **ступенем належності** (від 0 до 1). У дослідженні А. Ванека (*Wanek, 2003*) наведено приклад моделювання просторового розподілу споживчих груп за розміром домогосподарства та рівнем соціальної активності на території міста. Для синтезу таких показників використовуються нечіткі оператори, зокрема нечітке «І» (*Fuzzy AND*) для перетину множин або нечітке «АБО» (*Fuzzy OR*) для їхнього об'єднання (рис. 1).

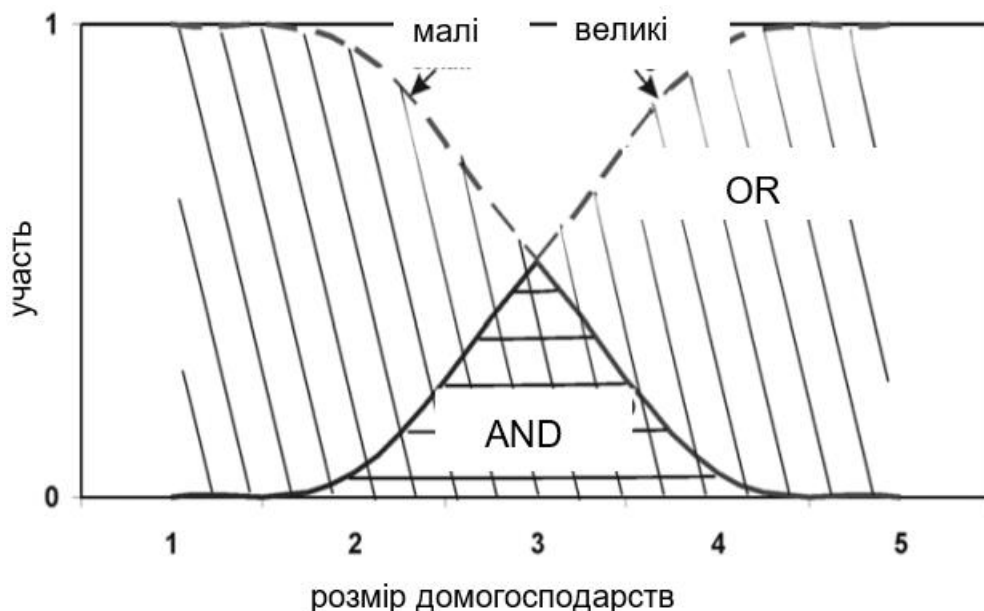


Рис. 1. Використання операторів нечіткої логіки для класифікації домогосподарств за розмірами та участю в (*Wanek, 2003*)

Нині ГІС моделює сценарії «що, якщо» для проектів використання території. Сторони конфлікту розглядають кожен проект на карті та краще розуміють якою мірою будуть реалізовані їхні цілі. ГІС може відігравати роль у вирішенні конфліктів у містах за умови наявності даних доступних для всіх учасників суперечки (*Dawwas, 2014*).

Додаткові вимоги до ГІС висуваються у зв'язку з необхідністю дотримання екологічних стандартів. Наприклад, в Україні у складі комплексного плану розвитку територій громади передбачено

розроблення розділу «Охорона навколишнього природного середовища», що по суті є звітом про стратегічну екологічну оцінку (СЕО) території громади (Кубах, 2022). ГІС дозволяють знайти підходи до пом'якшення екологічних конфліктів в містах і дотримуватися екологічних норм. Це вимагає проведення аналізу і використання величезних наборів даних для побудови сценаріїв імовірного майбутнього та екологічних наслідків планувальних рішень. Відбулася інтеграція аналітичних моделей міст з ГІС як засобами візуалізації.

Сучасна модель міста в ГІС має бути заснована на принципах сталого розвитку та вмещувати три компоненти: економічний (управління, інновації), екологічний (мережа датчиків стану довкілля, зміни клімату) і соціальні (посередництво, участь громадян в процесі управління за допомогою Веб) (Roche, 2014). Сучасні рішення створюють можливість залучення все ширшого кола зацікавлених сторін до процесу прийняття рішень. ГІС також стає інструментом планування, який використовується неурядовими організаціями як важливий інструмент для планування. Таким чином професійні проектувальники та консультанти втрачають монополію на їх використання (Wanek, 2003).

Окрім цього, швидкий розвиток штучного інтелекту (ШІ) призвів до появи інтелектуальних агентів (Li & Ning, 2023), які є комп'ютерними системами, здатними виконувати завдання та приймати рішення з мінімальним втручанням людини або без нього. Штучний інтелект впроваджується у міські просторові дослідження та програми, вивчає впровадження методів глибокого навчання для моделювання просторових явищ (Li & Ning, 2023). З'являються рішення з високим рівнем автономності, наприклад, дрони (що виконують доставку товарів), автономні транспортні засоби або моделі здатні розпізнавати наземні об'єкти (наприклад, будівлі) на зображеннях.

Таким чином, ГІС пройшли значну еволюцію, ставши важливими інструментами для фахівців у сфері управління містом. Нині вони забезпечують збирання, аналіз та візуалізації просторових даних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Сучасні ГІС дозволяють інтегрувати різноманітні дані про інфраструктуру, населення, екологічні ситуації та бізнес аналітику на базі використання даних дистанційного зондування, обробки великих даних та ШІ.

Питання для самоперевірки знань:

1. Які етапи розвитку ГІС можна виділити? Які їхні особливості?

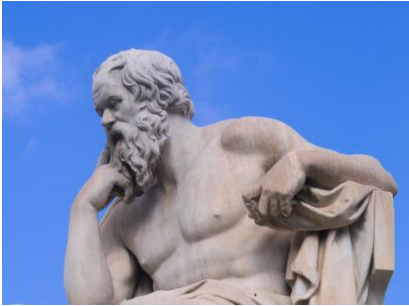
2. Поясніть особливості застосування нечітких множин для моделювання міського середовища.

3. Скориставшись пошуком літератури поясніть, які екологічні дані використовуються в Україні в складі комплексного плану розвитку територіального розвитку громад?

4. Як ускладнювалися питання, на які покликані дати відповідь геоінформаційні системи.

5. Які нові можливості надає інтеграція ГІС та ШІ для завдань міського управління?

1.2. ІДЕЇ ТА ЦІННОСТІ В ДОСЛІДЖЕННЯХ МІСТ



*Сильні розуми обговорюють ідеї,
посередні — події, слабкі — людей*
Сократ

У цьому розділі ми поставимо за мету концептуальне осмислення **феномену міста**, щоб з'ясувати глибинні причини прагнення людей до урбаністичного способу життя, попри численні екологічні, соціальні та інфраструктурні виклики.

Для глибшого аналізу внутрішньої структури міських спільнот доцільно звернутися до теоретичних напрацювань у галузі організаційної психології. Зокрема, у 1980 році американський дослідник Едгар Шайн (*Schein, 2010*) запропонував **трирівневу модель організаційної культури**. Цей підхід дозволяє диференціювати культуру спільноти на різних ступенях її прояву: від зовнішніх атрибутів до фундаментальних переконань

Артефакти відповідають зовнішньому (видимому) рівню культури спільноти, зокрема, міста. Вони доступні для розпізнавання як мешканцями міста так і чужинцями. До них належать герб і прапор, архітектура та інтер'єр, територія та права власності, мода, сувеніри та нагороди; мова, яка транслює культуру через розповіді; історії та міфи, знайомі з дитинства, що вказують на зразкові дії, та спосіб у який люди повинні реагувати на загрози та небезпеки. Міфи викладають ключові історичні події, про минулу славу у алегоричній та емоційній формі.

Наступний рівень, – це **сповідувані цінності**. Цей рівень відноситься до норм, стандартів і правил поведінки. Цінності відображають загальну думку громадян про те, «як треба все робити правильно». Цінності допомагають мешканцям класифікувати ситуації та дії як небажані чи бажані.

Фундаментальні ідеї (базові припущення), глибоко вкорінені в культурі та виражені у поведінці. Припущення є різновидом переконань, які сприймаються як аксіоми, і тому є загальноновизнаними. Вони

складають основу культури міста чи регіону. У своїй роботі Шайн (1985) перерахував припущення, які формують парадигму спільноти: ідея власності та того, як має бути розподілений простір, значення простору у формуванні відносин між людьми; усвідомлення та пояснення зв'язку спільноти з навколишнім середовищем (екологічний підхід), про співмешканців «нас» та «інших» (мігрантів) та способи взаємодії з ними (Ewers, 2007).

Також важливим є базові припущення щодо взаємодії між людьми (розподіл влади та обов'язків, співпраця чи конкуренція, колективне та індивідуальне, лідерство відповідно до традицій чи харизми, методи вирішення конфліктів та прийняття рішень).

Ці припущення, спільні для групи людей і є центром навколо якого вони об'єднуються (Чудновский та ін., 2021). Ідея є першим кроком до практичної діяльності. Наведемо перелік ідей, які об'єднують людей та на яких базується життя міст:

Люди хочуть жити в **безпечному місті**, де мають доступ до правоохоронних органів та інших служб, які забезпечують їхню безпеку.

Люди віддають перевагу жити в **спільноті**, де є можливість спілкування та взаємодії з іншими людьми, прагнуть мати доступ до центрів розваг (стадіонів, музеїв, театрів, галерей філармоній та інших місць, де можна насолоджуватися спортом та мистецтвом).

Люди прагнуть мати можливість до **розвитку** своїх здібностей, навчання, бізнесу, отримання більшого доходу тощо.

Андрій Баумейстер справедливо відзначає, що «...Ідеї (наукові і практичні «істини») — це те, що є результатом домовленості або більшості експертів (науковців, фахівців), або більшості громадян» (Баумейстер, 2017; 85). Наприклад, такими ідеями є **збереження природного середовища, збалансований розвиток природи і суспільства, міська стійкість (urban resilience)** які вважаються фундаментальними цінностями. Проте, всі ідеї, що пов'язані з ідеєю міста (безпека, добросусідство, обмін, спілкування) змінюються з плином часу та в різних суспільствах. «...Всі вони створюються у просторі критики, суперечок, дебатів і спеціальних процедур (наукового дослідження й обґрунтування, політичних і правових процедур формування влади, політичного життя, цінностей, стратегій, норм і законів)» (Баумейстер, 2017; 85).

Реалізація цих ідей різними суспільними групами в процесі освоєння простору та формування міст супроводжується конфліктами. Постають численні питання: як краще використати певну ділянку міської території,

що робити із занедбаними землями, як збільшити податкові надходження за оренду землі, як зменшити обсяг шкідливих викидів у природне середовище, як розв'язати транспортну проблему, в якому випадку слід віддати перевагу розміщенню скверу, в якому випадку побудувати театр чи торговельний центр.

Вітчизняні фахівці (*Чудновский та ін., 2021*) зазначають, що нині в основі сучасного господарства домінують такі ідеї: “...**прагматизм**, редукований до поняття «вигода», **гуманізм**, який сконцентрувався у твердженні, що людина — вища істота, і **пізнання**, що відмовилося від Бога...” (*Чудновский та ін., 2021*). Натомість ідея **блага** (спільного блага) відсунута на узбіччя і залишаються філософам та релігійним діячам. Десекуляризація міського простору яка розпочалася в Європі у Новий час, особливого розвитку досягла у ХХ ст. і призвела до будівництва міст в яких ніхто не хоче жити. Прикладами можуть бути депопуляція промислових міст в пострадянських країнах після закриття промислових підприємств або створення численних новобудов в Китаї, які залишаються незаселеними (рис. 2).



Рис. 2. - Незаселені новобудови в Китаї (фото Кай Кеммерер)

Нині фахівці ведуть мову про **значущість або чинність** змісту наших знань (*Баумейстер, 2017; 85*). В різні часи та в різних суспільствах вивчення міст зосереджується на питаннях що були суспільно значимими.

Слід погодитися, що "...сучасна держава відокремлена від ідеї блага, вона встановлює соціальні порядки в яких монополює панує ідея **прагматизму** (вигоди). Оцінка "Не вигідно" - смертний вирок будь-якій ідеї» (*Чудновский та ін., 2021; 85*). На нашу думку саме ідея матеріальної вигоди часто зумовлює конфлікти щодо використання території в містах.

У колишньому СРСР та країнах соціалістичного табору найбільша увага приділялася **економіці** міст (економічний розвиток міст, промисловість, територіально-виробничі системи), натомість у Західній Європі та США розвивалися дослідження, спрямовані на вивчення **соціальних аспектів міського життя** (житлових умов, структури та поведінки населення, міської нерівності, міграції та інших). Результати цих досліджень широко використовувалися бізнесом, зокрема для геомаркетингу, також дозволили раціонально організувати міський простір.

Останні десятиліття увага стала приділятися питанням **геоекології** (зеленої енергетиці, енергоощадливості, комфорту міських просторів). В Україні після 2014, і, особливо після 24 лютого 2022 питання **безпеки** мешканців (облаштування бомбосховищ, засобів оповіщення) стали найбільш значущими.

Незважаючи на серйозну критику концепції **збалансованого розвитку** (*Угур та Савченко, 2019*), слід визнати, що ідея "...дотримання балансу між темпами економічного розвитку, соціальним благополуччям та дотриманням належних стандартів збереження навколишнього середовища; взаємозв'язку між вирішенням нагальних екологічних проблем і соціально економічним добробутом..." (*Стегній, 2014; 93*) є загалом загально визнаною.

Отже, нині в суспільному дискурсі підтримуються проголошені резолюцією Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй від 25 вересня 2015 року № 70/1 "**глобальні цілі сталого розвитку до 2030 року**" (*United Nations General Assembly, 2015*), викладені у Національній доповіді "Цілі сталого розвитку: Україна". Зокрема ціль номер 11 стосується забезпечення **відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості** міст, інших населених пунктів (*Указ Президента від 30 вересня 2019 року № 722/2019*).

Питання для самоперевірки знань:

1) Яка головна відмінність між підходами епохи модерну та постмодерну в контексті міського планування та дизайну?

2) Чому концепція стійких міст (Resilient Cities) вважається важливою цінністю для сучасного муніципального управління в умовах глобальних змін?

3) Яким чином ідея міської екосистеми змінює традиційне уявлення про місто як про сукупність лише технічних та інженерних споруд?

4) У чому полягає основна соціальна цінність децентралізації та участі місцевих спільнот у прийнятті рішень щодо розвитку їхніх районів?

5) Як відрізняються поняття цінності міського простору для різних верств населення?

1.3 ПОЛІТИЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ МІСТ



«Територія — це не просто ділянка землі, це простір, де влада зустрічається з ідентичністю».
— **П'єр Гасснер французький політичний філософ**

Політичний устрій держав, що розглядається як сукупність дій, рішень і стратегій, спрямованих на управління суспільством, розподіл ресурсів та регулювання суспільних відносин (*Dahl, 2005; Easton, 1957; Kelsen, 2017*), еволюціонував протягом історії, безпосередньо трансформуючи організацію міського простору. Різні історичні типи врядування — від античних полісів і феодалізму до тиранії, аристократії та сучасної демократії — формували специфічні моделі розселення та міського управління.

В античній Греції громадянин поліса усвідомлював себе як його невід'ємну частину. Як зазначають К. Раафлауб та співавтори (Raaflaub et al., 2007), «...основними органами афінської демократії були загальні збори, що склалися з громадян чоловічої статі; рада, до якої входило 500 осіб; та суди, що формувалися з присяжних, обраних за жеребом, за відсутності професійних суддів... при цьому більшість громадян були постійно залучені до публічних справ...». Така інтенсивна залученість мешканців у процеси прийняття рішень вимагала особливої архітектури публічного простору (агори), що в сучасних умовах знаходить своє відображення у цифрових інструментах муніципальних ГІС для участі громади (e-participation)». Така політична організація зумовлювала відповідну організацію простору. У центрі античних міст розміщувалася агора - базарна площа і одночасно місце для народних зборів, місце активного суспільного життя. Навколо агори розташовувались храми, державні установи (булетріон - будинок ради, монетний двір, суд), стої, майстерні, торговельні крамниці тощо.

Пізніше у Європі з розвитком феодалізму культура античного містобудування здебільшого зберігалася. **Феодалізм** визначають як

сукупність інституцій, які створюють і регулюють обов'язки покори та служіння... однієї вільної людини (васала) іншій вільній людині (сеньйорові), і обов'язки сеньйора захищати й підтримувати свого васала (*Ganshof, 1947*).

Феодалні відносини на довгі століття сприяли розвитку аристократії. **Аристократія** (від грец. ἀριστοκρατία (aristokratía), ἀριστέυς - найкращий і κρατέϊν - правити, тобто влада найкращих), - форма державного ладу, за якої правління здійснюється представниками родової знаті. Аристократи концентрували владу та багатство і організовували будівництво фортець, замків навколо яких виникали міста - центри обробки та споживання сільськогосподарської продукції. Крім обробки аграрної продукції в містах набуло розвитку ремісниче виробництво та торгівля.

Іншими полюсами зростання міст ставали **місця поклоніння**: святині (Мекка), монастирі (гора Афон, Почаївська Лавра, Печерська Лавра). Багато середньовічних міст в Європі були розташовані неподалік від укріплених монастирів, які ставали притулком навколишніх мешканців у періоди воєн. Монастирі та абатства мали вплив на організацію міст, привертаючи увагу паломників та створюючи економічні та соціальні можливості розвитку навколишньої території.

Важливу роль відігравали питання **безпеки міст**. Екстремальна щільність забудови скорочувала периметр оборонних споруд. Вузькі вулиці створювали лабіринт подвір'їв та переходів, що сприяло захисту в разі нападу ворога. Замки та фортеці забезпечували безпеку містян під час війни. Усі ці елементи створювали ієрархічну структуру в місті, із замком або монастирем на вершині пагорба, монастирськими та аристократичними кварталами, торговельними та житловими районами в долині.

Звільнення італійських торговельних республік (Венеції, Генуї) від феодалної залежності супроводжувалося змінами в організації простору міст та їх архітектурі. "...Вже не замки феодалів і не монастирські комплекси стали панувати в архітектурі міста: оскільки основними забудовниками його відтепер були ремісничі цехи, торговельні корпорації і міська верхівка (патриціат), то поруч з соборами і замками з'являлися ратуші, міські площі, лоджії, палаци патриціїв і будинки цехових громад..." (*Кодін та Панов, 2010*).

В новий час, внаслідок появи потужної артилерії, середньовічні кам'яні фортеці втратили свою ефективність, і це спонукало до будівництва **стін з бастіонами по периметру міста**. Така зіркоподібна система оборонних споруд з'явилася у більшості міст у другій половині

XVI століття. У цей час почало формуватися поняття "ідеального міста" - міста, яке максимально сприяло комфортному проживанню.

Архітектори епохи Відродження при організації міського простору керувалися такимим принципами: а) **класового розміщення**, де центральні частини міста призначалися для заможних містян; б) розміщення представників різних **професій** які мешкали компактно; в) поділ міської території на **житлові, виробничі, торгові та громадські зони**. Планування "ідеальних міст" передбачало регулярну або радіально-кільцеву структуру, залежно від природних умов, таких як рельєф, водойми, напрямки вітрів. Ідеї "ідеального міста" епохи Відродження, хоча й мали утопічний характер, вплинули на практику містобудування, особливо під час спорудження невеликих фортифікаційних споруд у скорочені терміни (наприклад, міста Валетта, Пальманова, Гранмікеле у XVI-XVII століттях) (Рис. 3).



Рис. 3. Місто Пальманова в Італії гравюра 1600 р. (Wikimedia commons)

Центром міста зазвичай була головна площа замку або міської ради, з церквою розташованою посередині. Торгові або релігійні площі меншого значення у радіальних містах розташовувалися на перехресті радіальних вулиць із кільцевими магістральними дорогами. При реалізації цих проектів надавалася значна увага благоустрою: зелені вулиці, система каналізації. Архітектура будинків враховувала

оптимальну висоту та відстань між ними для забезпечення належної освітленості та вентиляції.

Питання для самоперевірки знань:

1. Яким чином політична воля та ідеологічні пріоритети керівництва міста впливають на вибір стратегічних цілей при розробці муніципальних геоінформаційних систем?

2. Як саме політична структура муніципалітету та розподіл повноважень між департаментами визначають архітектуру баз даних і рівні доступу до просторової інформації?

3. Яку роль відіграють лобістські групи та великі забудовники у процесі прийняття рішень щодо зміни функціонального призначення міських територій у ГІС-моделях?

4. Чи може публічний доступ до геоданих через відкриті портали стати інструментом політичного тиску з боку громади для забезпечення прозорості у земельній політиці міста?

5. Як політичні чинники та міжвідомча конкуренція впливають на успішність впровадження регламентів оновлення даних за методологією Роджера Томлінсона?

1.4. КОНФЛІКТИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗАЦІЮ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ



«Простір ніколи не буває нейтральним; він завжди політично заангажований, стратегічно зайнятий і є результатом минулих конфліктів».

Едвард Соджа, американський географ та урбаніст

Слід погодитися, що скупчене проживання великої кількості людей може призводити до ряду конфліктів. Професор Університету Вашингтона в Сіетлі Джон М. Марзлафф (*Marzluff et al., 2008; 678*) стверджує, що «...місто можна розглядати як історію, модель стосунків між групами людей, простір виробництва та розподілу, поле фізичної сили, набір пов'язаних рішень або арену конфлікту».

У містах з давніх давен існували **конфлікти за земельні ділянки для забудови**. Девелопери можуть змагатися за землю для забудови житлового комплексу, а громадські активісти можуть виступати проти цього, аргументуючи потребу збереження зелених зон та природних ландшафтів.

Спостерігаються **конфлікти між етнічними, релігійними групами, мігрантами й місцевими жителями**. У ХХ–ХХІ століттях на тлі урбанізації та зростання мобільності населення ця тема загострюється. Цьому сприяє конкуренція за житло, роботу, соціальні послуги, освітні ресурси чи контроль над комерційними або публічними просторами, відмінності у способі життя, релігії та культурі. Там, де групи замкнені у своїх спільнотах (геттоїзація), спрацьовують горизонтальні мережі контролю. «Чужих» починають сприймати як потенційну загрозу (*Reid, 2022*). Серед прикладів можна назвати **Лос-Анджелес, Х'юстон, Нью-Йорк**. Тривалі конфлікти пов'язані з конкуренцією між латиноамериканськими, афроамериканськими групами та місцевими жителями щодо ринку праці, освіти й житлових районів (*de Wilde, 2024*).

Конфлікти виникають між представниками бізнесу за використання комерційних просторів. Наприклад, кафе можуть прагнути використовувати вулиці для зовнішнього обслуговування на літніх терасах. Їх супротивники зазначають, що це порушує права перехожих.

Пріоритетність переміщення людей та вантажів може бути причиною конфліктів між різними видами транспорту. Наприклад, автомобілісти можуть претендувати на монопольне право користуватися дорогами, тоді як велосипедисти та пішоходи також можуть відстоювати права на зручне та безпечне пересування містом.

У містах можуть виникати конфлікти між різними групами людей, за використання просторів для відпочинку та розваг (молодіжні групи можуть сперечатися за право на використання парків для концертів та гучних розваг, натомість сім'ї можуть претендувати на облаштування місць для «тихого відпочинку» (пікніків та ігор з дітьми).

Ситуація загострюється тим що в сучасному суспільстві виникає ситуація (*Reckwitz, 2020*) коли подія, ритуал, конкретне місце, витвір мистецтва, вступають в постійну конкуренцію між собою за увагу аудиторії, що призводить до інтенсифікації емоцій (наприклад боротьба активістів за збереження скверу проти будівельників).

Питання для самоперевірки знань:

1. Яким чином просторові конфлікти під час точкової забудови відображаються у структурі міста та як інструменти ГІС-аналізу допомагають заздалегідь виявити зони соціальної напруги?

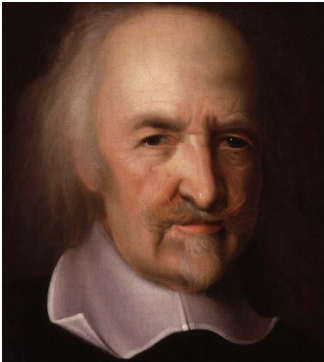
2. Як саме методологія Роджера Томлінсона допомагає ідентифікувати та врахувати суперечності між інтересами забудовників і мешканців ще на етапі опису інформаційних продуктів системи?

3. Чи дозволяє впровадження єдиного адресного реєстру та цифрових стандартів для підрядників ефективно мінімізувати юридичні спори під час передачі інженерних мереж у комунальну власність?

4. Яку роль відіграє механізм зворотного зв'язку в кібернетичній моделі управління містом для деескалації конфліктів навколо використання спільних просторів?

5. Як алгоритми просторової оптимізації та задача про 1-центр допомагають знайти компромісне рішення при розміщенні небажаних для громади об'єктів інфраструктури?

1.5. СУСПІЛЬНА УГОДА МЕШКАНЦІВ МІСТ



Суспільна угода — це спосіб припинити «війну всіх проти всіх», де життя людини було «самотнім, бідним, огидним, брутальним і коротким».

Томас Гоббс

Можна погодитися, що простір міста облаштований на основі **суспільної угоди** містян (*Руденко, 2013*). Категорія "суспільна угода" є однією з ключових категорій політичної теорії та права в епоху модерну. Вона виникла в античні часи і має багато різних інтерпретацій та застосувань в різних епохах і культурах.

З давніх давен люди в місті можуть об'єднуватися на різних засадах: 1) спільний захист від ворога, 2) ефективно виробництво, 3) освіта (університетські міста); 4) релігія (сакральні міста, (Мекка, Ватикан, міста поблизу монастирів); 5) служіння державі (палаці губернаторів репрезентували імперію у колоніях); 6) торгівля (центром міста виступає ярмарок або виставковий центр).

В кожному з цих випадків все життя міста підпорядковується цій визначній ідеї та меті.

В **античній Греції** поняття політія (πολιτεία), що є однокореневим слова поліс (місто-держава), мало ряд значень від «прав громадян» до «форми правління» і означало угоду між спільнотою і громадянами, в якій обидві сторони зобов'язувалися дотримуватися правил та обов'язків. Така угода мала забезпечити мир та порядок у місті-державі.

У **середньовічній Європі** поняття "суспільна угода" зазвичай використовувалося для опису відносин між королем та його підданцями. Поступово зростала роль церков, цехів у містах та університетів.

Важливою віхою змін залежних відносин громадян по відношенню до короля в новий час як відзначає А. Баумейстер є «**Велика Хартія вольностей**» (*Magna Charta Libertatum*), яка видана від імені короля Іоанна Безземельного **1215 року** для владнання суперечностей між станами і королівською владою. За церквою, містами (конкретно називається Лондон) і станами закріплюють їх "стародавні права і

вольності". Король у строго фіксованих випадках повинен узгоджувати свої рішення з "загальною радою королівства" (Баумейстер, 2010: 249).

За часів епохи **просвітництва** поняття "суспільна угода" стало синонімом поняття "соціальний контракт". Філософи та політики того часу вважали, що люди, які живуть разом, повинні домовитися про спосіб організації своєї держави та взаємин між собою. У цьому контексті, суспільна угода мала забезпечити громадянам право на свободу, рівність та безпеку. З позицій людей просвітництва, Людина перестає нести низку освячених релігією обов'язків, і **егоїстична, спрямована на отримання прибутків** поведінка не вважається огидною.

У сучасному світі поняття "суспільна угода" залишається важливим для визначення взаємин між державою та її громадянами, а також між різними соціальними групами.

У середині 20 століття поняття "суспільна угода" було відновлено та розвинуто в контексті теорії **демократії**. Американський політолог Роберт Даль (Dahl, 2005) писав, що суспільна угода є фундаментом демократії, оскільки вона передбачає узгодження інтересів різних соціальних груп для досягнення загальної мети - забезпечення благополуччя і процвітання всього суспільства.

В СРСР місто розглядалося як елемент єдиного **господарського** комплексу. Головним завданням міста було відтворення трудових ресурсів. Звідси походить термін містоутворююче підприємство, монопрофільні міста. З цим же пов'язано проектування гуртожитків та багатоквартирних будинків зі спільними кухнями, лазнями, "червоними куточками".

Прикладом домінування ідей безпеки і захисту стала Україно-російська війна коли громади облаштовували блок пости, захисні споруди, інші артефакти війни, позначали зони мінної небезпеки, організовували оперативну евакуацію жінок, дітей та літніх людей на безпечні території.

Зважаючи на домінуючу ідею **прагматизму** багато дослідників ставлять питання про центральність в функціонуванні суспільства категорій "суспільного багатства", "прибутку", "добробуту" "якість життя" (мати доступ до чистої води, здорової їжі, більше заробляти, більше споживати). Але спроба досягти добробуту створює парадокс, який полягає у тому що надходження до міста більших ресурсів, високий рівень споживання не покращує життя людей. Через певний період часу життя людей погіршується (проблема відходів, автомобільний колапс, забруднення повітря і води в межах міста, постійний стрес, неможливість

усамітнення, соціальна напруженість через значну кількість прибулих мігрантів, злочинність тощо).

Нині, у ситуації пізнього модерну, замість процесу узгодження інтересів різних соціальних груп, на основі якого формується договір між цими групами і державою щодо прав та обов'язків кожної з них, відбуваються різні форми соціального протистояння та конфліктів. Суспільство міст перетворюється на поле битви [\(Reckwitz, 2020\)](#): зростають політичний **популізм**, в цифровому просторі соціальних мереж виникає та поширюється в просторі міста **афективне мислення** коли людина використовує свої емоції як докази реальності («я відчуваю це, значить, це правда»).

Ці мтотивації ілюструє розміщення в центрі міста символів споживання. Торговельні центри (мати широкий вибір товарів), ресторани (краще їсти), стадіони (пошук емоцій та яскравих вражень). Андреас Реквіц справедливо зазначає, що стиль з його «...серійними будівлями нині відкинутий на користь передбачуваних сюрпризів зіркових архітекторів та їхніх унікальних музейних споруд, концертних залів, житлових будинків і флагманських магазинів...» [\(Reckwitz, 2020\)](#).

Аналіз змін територіальної структури міста Києва за останні 30 років, показує витіснення промислових підприємств (завод “Більшовик”, “Комуніст”, “Арсенал”) торговельними центрами, фітнес-центрами, бутиками тощо.

Рисою змін є створення на території міст інтелектуальних центрів, хабів, коворкінгів, креативних просторів, офісних центрів. Прикладом може бути територія ВАТ «Київський мотоциклетний завод» (1945-2018 рр) на місці якого зараз побудовано бізнесовий освітній комплекс UNIT.City.

На нашу думку, нині нові міста стають конкурентами старим містам. Люди прагнуть переселитися в краще середовище. Монопрофільні промислові міста України ще до активної фази російсько-української війни втрачали молодих та амбітних мешканців. В глобальному вимірі весь світ нині увійшов до **урбаністичної гонитви**, яка ілюструє вбудованість міста в світову систему відносин де перевагу отримують міста що вибороли позитивний імідж, вдало організували структуру території, створили зручну соціальну інфраструктуру, затишні та привабливі публічні простори. Центрами тяжіння потоків мігрантів стають столиці країн, адміністративні та культурні центри, університетські міста. Перспективними є ініціативи **творчих міст, зелених міст** тощо.

На нашу думку в Україні повинні виникати добровільні співтовариства людей, об'єднаних розумінням спільного майбутнього. Такі спільноти могли б розробляти проекти і виконувати спільні дії. Нажаль в сучасних містах немає місць, де виробляється громадська стратегія управління міським розвитком. Є надія

Слід погодитися, що в містах України потрібно створити умови для **інтелектуальної діяльності для молоді**, щоби вона могла знайти своє місце в цьому місті. На нашу думку цей перелік ідей та цінностей спрямовує дослідників, зокрема дослідників міст, на вивчення того, що знаходиться за межами домінуючого утилітарного порядку (*Чудновский та ін., 2021, с. 86*). Спроба вийти у дослідженнях міст за межі мейнстріму, трендів у перспективі може дати значний поштовх у створенні сприятливого соціального середовища у містах та підвищенні добробуту населення міст.

Питання для самоперевірки знань:

1. Поясніть які на Вашу думку причини, підстави і мету виникнення міст.
2. Обґрунтуйте тезу про ціннісні основи досліджень і управління містами.
3. Обґрунтуйте етапи розвитку ідеї суспільної угоди.
4. Наведіть низку ідей і цінностей що об'єднували людей у міські спільноти у середні віки.
5. Назвіть прихильників та сутність використання ідей прагматизму в новий час та у сучасному світі.
6. Охарактеризуйте ідеї покладені розвиток міст у СРСР та країн сателітів, які нині виявляються у пострадянських країнах.
7. Які групи конфліктів є притаманними для обласних центрів України, Вашого рідного міста, чи міста де Ви певний час мешкали?

1.6. НАУКОВІ ПІДХОДИ У МОДЕЛЮВАННІ МІСТ



«Простір — це не пласка поверхня, яку ми перетинаємо; це сплетіння тисяч історій, що відбуваються одночасно».

— Дорін Мессі, британський географ

Для розуміння тих процесів, що відбуваються в міських системах та здійснення інформаційного забезпечення пізнання та управління ними в ході організації муніципальної ГІС, використовують низку підходів і методів:

Аналітичний підхід спрямований на декомпозицію складних міських проблем. Через збір даних, моделювання та прогнозування він дозволяє виявити причинно-наслідкові зв'язки, ідентифікувати приховані тенденції та отримати об'єктивну емпіричну базу для прийняття рішень.

Синтетичний підхід забезпечує комплексний розгляд об'єкта. Він фокусується на пошуку інтегрованих рішень, об'єднуючи екологічні, економічні та соціокультурні чинники. Це дозволяє узгоджувати суперечливі інтереси стейкхолдерів і формувати цілісні стратегії розвитку.

Управлінська практика потребує конвергенції цих методів: аналітика створює точний інформаційний фундамент, тоді як синтез трансформує розрізнені дані в дієві інструменти просторового розвитку та міської політики.

Системний підхід який бере початок від робіт Л.Фон Берталанфі (*Bertalanffy, 1969*) розглядає місто як цілісну, динамічну та відкриту систему, що складається з множини взаємозалежних підсистем (соціальної, екологічної, інженерної тощо). Це вимагає міждисциплінарної інтеграції методів для аналізу емерджентних властивостей міста — характеристик, які притаманні системі в цілому, але відсутні у її окремих компонентів.

Ситуаційний підхід орієнтований на адаптацію управлінських стратегій до конкретних внутрішніх та зовнішніх обставин (контексту).

Він заперечує існування універсальних «найкращих» рішень, стверджуючи, що ефективність ГІС-моделювання та планування залежить від специфіки поточної ситуації, наявних ресурсів та часових обмежень.

Аксіологічний підхід базується на системі цінностей та етичних пріоритетів, які визначають цілі розвитку міста. Він зміщує фокус з чисто технічних показників на гуманітарні аспекти: якість життя, інклюзивність, збереження культурної спадщини та екологічну відповідальність. Впровадження цього підходу дозволяє оцінювати ефективність рішень не лише через економічну вигоду, а й через їхню відповідність суспільним благам.

Географічний підхід базується на методах геоматики та інструментарії географічних інформаційних систем (ГІС) для комплексного просторового аналізу міського середовища. Він дозволяє моделювати динаміку територіальних змін, ідентифікувати зони ризику, моніторити мультимодальні транспортні потоки та оцінювати вплив природно-географічних чинників на життєдіяльність населення.

Містобудівний підхід орієнтований на формування функціонально збалансованого та естетично цілісного міського простору. Він реалізується через інструменти територіального планування, зонування, проектування транспортно-інженерної інфраструктури та ревіталізації забудови, маючи на меті підвищення комфорту та загальної якості життя мешканців.

Процесний підхід розглядає управління містом як безперервну серію взаємопов'язаних управлінських функцій та бізнес-процесів. У контексті МГІС цей підхід є основою для автоматизації муніципальних послуг, перетворюючи розрізнені операції на цілісні цифрові регламенти — від подання заявки на будівництво до моніторингу виконання стратегії розвитку і розміщення даних у Єдиній державній електронній системі у сфері будівництва (ЄДЕССБ).

Соціальний (антропологічний) підхід досліджує взаємний вплив міського середовища та людини (*Eames, & Goode, 1977*). Він спрямований на ідентифікацію вогнищ соціальної напруженості (безробіття, сегрегація, девіантна поведінка) та розробку інструментів для інклюзивного планування, що забезпечує рівний доступ мешканців до міських благ і сервісів.

Економічний підхід фокусується на аналізі фінансово-господарських чинників міського розвитку. Він охоплює моделювання ринку нерухомості, оцінку інвестиційної привабливості територій,

калькуляцію ефективності інфраструктурних проєктів та моніторинг фінансової спроможності громад для забезпечення їхньої стабільної життєдіяльності.

Геоєкологічний підхід вивчає трансформацію природних систем під впливом урбанізації. Через моніторинг стану атмосферного повітря, водних об'єктів та ґрунтів, а також аналіз фрагментації екосистем, він формує базу для впровадження механізмів екологічного контролю та стратегій адаптації до кліматичних змін.

Транспортний підхід (моделювання) спеціалізується на дослідженні та оптимізації мобільності в межах міста. Він включає аналіз пропускну здатності вулично-дорожньої мережі, вивчення пасажиропотоків та попиту на транспортні послуги, що дозволяє розробляти стратегії розвитку громадського транспорту та мінімізувати затори за допомогою інтелектуальних транспортних систем (ITS).

Інтердисциплінарний підхід забезпечує синтез знань соціології, економіки, геоєкології, архітектури та ІТ-технологій. Це інтегративний рівень дослідження, який дозволяє долати галузеву обмеженість і знаходити комплексні рішення для управління складними міськими системами на основі єдиного геоінформаційного простору.

Детальніше розглянемо ряд підходів з огляду на проектування муніципальних ГІС.

Ситуаційний підхід в урбаністиці базується на аналізі конкретної сукупності обставин («ситуації»), що впливають на місто в певний момент часу. Він заперечує існування універсальних управлінських рішень, стверджуючи, що ефективність методів залежить від унікального контексту: екологічного стану, ресурсів, фази економічного циклу або наявності надзвичайних станів (аварії, стихійні лиха, воєнний стан).

Ключові його особливості, це: **контекстуальність** (рішення приймаються не за шаблоном, а шляхом вивчення соціальних, політичних та економічних чинників конкретного кейсу); **адаптивність**, що означає здатність системи швидко трансформувати стратегію у відповідь на різку зміну середовища (наприклад, перепрофілювання транспортних мереж під час паводку чи евакуації); **мультистейкхолдерність**, - залучення до вирішення проблеми всіх зацікавлених сторін (влади, бізнесу, громадськості) для досягнення консенсусу в умовах невизначеності.

Використання методів системного аналізу та ГІС-моделювання в межах цього підходу дозволяє цифровізувати «сценарії реагування», що забезпечує високу швидкість та точність управлінських рішень у критичних ситуаціях.

Фундамент наукового підходу до управління заклав **Пітер Друкер**, (*Drucker, 1954*) який обґрунтував необхідність розробки гнучких, ситуативних принципів на протигагу жорстким універсальним теоріям (рис. 1.4).

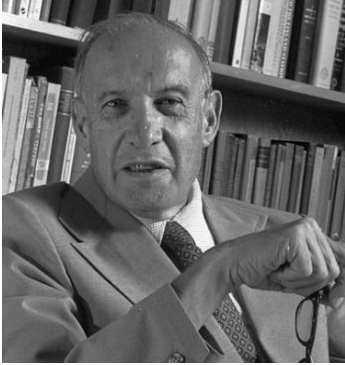


Рис. 1.4. Пітер Фердинанд Друкер (Peter Ferdinand Drucker) (1909-2005) - один з найвідоміших та впливових менеджерів ХХ століття.

Його концепції «управління за результатами» (*MBO*) та «інтелектуального капіталу» наголошують, що в умовах високої невизначеності менеджер повинен діяти відповідно до конкретного контексту.

Важливим елементом ситуаційного аналізу є **рефлексія** (за В. Нікітіним) — здатність суб'єкта управління вийти за межі звичних норм і патернів, щоб усвідомити проблему як таку. Наприклад, екологічна криза (забруднення води чи повітря) стає «ситуацією» лише тоді, коли виникає рефлексивне усвідомлення неможливості ігнорувати проблему тими групами населення, що не можуть залишити місто. Застосування ситуаційного підходу полягає в наступному.

Аналіз соціальних реакцій: дослідження того, як активні групи мешканців реагують на виклики (екологічні, політичні чи конфліктні). Це дозволяє розробляти стратегії сталого розвитку, що мінімізують суспільну напругу.

Інструментарій: використання соціологічних опитувань, фокус-груп та аналізу великих даних (*Big Data*) для розуміння сприйняття проблем мешканцями.

Кризове моделювання: вивчення реакції підсистем міста на техногенні аварії, природні катастрофи чи воєнні загрози. На основі таких сценаріїв у середовищі ГІС розробляються цифрові плани екстрених заходів.

Ситуаційний підхід перетворює муніципальне управління з процесу виконання інструкцій на адаптивну систему, де кожне рішення базується на глибокому аналізі поточного контексту та потреб стейкхолдерів.

Аксіологічний підхід у системі муніципального управління та проектування ГІС ґрунтується на філософській теорії цінностей, яка визначає природу, ієрархію та взаємозв'язок етичних і культурних орієнтирів людської діяльності. За визначенням С. Лісового (2001), аксіологія з'ясовує природу цінностей, які виступають фундаментальним джерелом сенсів буття, задаючи стратегічну спрямованість і мотивованість будь-якій людській активності. У сучасному урбаністичному дискурсі цінності міського життя охоплюють не лише матеріальні активи, а й такі категорії, як історична безперервність, стабільна соціально-екологічна рівновага, адекватність врядування та прогрес політичної взаємодії (Marzluff et al., 2008).

Застосування цього підходу дозволяє розробникам ГІС вийти за межі суто технічних параметрів забудови чи економічних показників рентабельності, зосереджуючись на моральних та етичних аспектах міського середовища. У процесі проектування геоінформаційних моделей аксіологія стає базисом для оцифрування нематеріальної спадщини, національних традицій та суб'єктивних уподобань мешканців, що перетворює статистичні дані на людиноцентричну модель простору. Це дає змогу оцінювати діяльність органів влади та бізнесу не лише за обсягами будівництва, а й за ступенем їхньої соціальної відповідальності та поваги до ціннісного коду громади.

Інтеграція аксіологічних чинників у цифрову архітектуру міста сприяє розробці стратегій розвитку, орієнтованих на реальне поліпшення якості життя. Завдяки цьому муніципальна ГІС трансформується з інструменту обліку ресурсів у систему підтримки інтелектуальних рішень, що гармонізують технічний прогрес із культурною ідентичністю та етичними запитамі суспільства. Такий підхід забезпечує сталий розвиток через усвідомлене збереження унікальних рис міста та формування середовища, де кожен інфраструктурний об'єкт відповідає системі цінностей його жителів.

Історично **географічний підхід** виник як спроба людства зменшити міру життєвої невизначеності через колективне освоєння та символічне «присвоєння» території. Процес перетворення природного ландшафту на культурний — через землеробство, будівництво доріг та міст — став вираженням латинського терміна *cultura*, що первісно означав «обробіток ґрунту». У науковому дискурсі існують різні погляди на генезис міст: від суто економічних чинників, як-от відокремлення ремесла від землеробства та соціального розшарування (Мовчан, 2009),

до антропологічних теорій, що вбачають першопричину об'єднання людей у спільних релігійних віруваннях та міфах.

Розвиток географічного знання пройшов шлях від античної картографії Птолемея до глибокого наукового аналізу фізичного середовища в епоху Нового часу. Вчені, зокрема Ф. Ратцель та О. фон Гумбольдт, заклали фундамент розуміння впливу природних умов на заснування та просторову структуру поселень. Протягом ХХ століття фокус досліджень змістився з описових характеристик положення міст на прикладні аспекти планування та управління територіями. Впровадження інструментарію географічних інформаційних систем (ГІС) дозволило перейти до детального моделювання міського середовища, трансформуючи географію на інтердисциплінарну платформу, що синтезує економічні, соціологічні та містобудівні дані.

Сучасний географічний підхід розглядає місто як складну систему просторових взаємозв'язків між населенням, інфраструктурою та довкіллям. Використання методів геоматики дає змогу не лише аналізувати фактичне розміщення об'єктів, а й прогнозувати вплив суспільних практик на якість життя мешканців. Сьогодні цей підхід є критично важливим інструментом для забезпечення збалансованого розвитку громад, дозволяючи візуалізувати приховані територіальні закономірності та розробляти обґрунтовані стратегії майбутньої трансформації міського простору.

Фундаментальним поняттям, яке використовують географи та фахівці з ГІС у процесі моделювання міста, є **простір**. Згідно з В. І. Зацерковним та ін. (2016), об'єктом дослідження в ГІС є безпосередньо простір та просторові об'єкти (уявлення, процеси, явища, події), що в ньому існують або відбуваються.

Філософське розуміння простору визначає його як базову категорію мислення, що відображає неоднорідність світу. Множина об'єктів, що сприймаються людиною одночасно, формує складний просторовий образ світу — необхідну умову для орієнтації будь-якої діяльності (Браславська, 2019). Для географів та геоматиків ця категорія має конкретизований характер — **геопростір** (простір земної поверхні). За влучною метафорою О. Г. Топчієва (2005), геопростір — це не «ящик без стінок», а фігура, що обов'язково має фундаментальну «стінку» — земну поверхню.

Геопростір є сферою найінтенсивнішого освоєння та перетворення людиною компонентів географічної оболонки: атмосфери (з її фізико-хімічними параметрами), літосфери (грунти та підґрунтя), гідросфери (водні ресурси) та біосфери. Сучасні дослідження підтверджують

цілісність планетарної геоекосистеми: навіть у льодовиках Антарктиди фіксують антропогенні сполуки, що потрапляють туди через глобальну циркуляцію повітряних мас. Така територіальна система є ділянкою ландшафту з характерними процесами енерго- і вологообміну, біохімічними циклами та специфічними соціокультурними відносинами (*Мінрегіонбуд України, 2011*).

Міський простір прогресуюче ускладнюється, насичуючись багаторівневими спорудами та розгалуженими інженерними комунікаціями (водогін, каналізація, енергомережі, зв'язок). Поява висотної забудови та підземних урбанізованих рівнів посилює інтенсивність обміну речовиною, енергією та інформацією. У цьому контексті актуалізується амбітна задача дослідження ролі категорії часу в сучасній просторовій парадигмі (*Сонько, 2004*).

Більшість фахівців розглядають геопростір як континуум (безперервність) різних географічних об'єктів (*Зацерковний, 2016*). Як специфічний різновид простору, він характеризується низкою властивостей (*DeMers, 1999*): неоднорідністю та структурністю; протяжністю та динамічністю; континуальністю (безперервністю) та дискретністю (подільністю); ентропією.

В основі структуризації геопростору лежать процеси **диференціації** та **інтеграції**. Диференціація проявляється у можливості виокремлення різнорідних шарів (літосфери, соціосфери тощо) та істотній відмінності компонентів усередині кожного з них. Ця властивість безпосередньо відображається в архітектурі ГІС через створення тематичних інформаційних шарів, що дозволяють вимірювати різноманітність характеристик міського середовища.

У географічному просторі виділяють три основні рівні вимірювань, що складають основу структури бази даних будь-якої муніципальної ГІС:

Просторові виміри та відношення. Вони визначають локацію об'єкта та його топологію щодо інших елементів. Сюди належать метричні характеристики (протяжність, площа, об'єм) та реляційні показники (відстань, сусідство, рівномірність розосередження).

Компонентні виміри. Передбачають декомпозицію геопростору на окремі тематичні шари. Шляхом наукової генералізації фахівці абстрагуються від надскладних комплексів, виділяючи окремі компоненти: гідросферу, літосферу, транспортну мережу, розселення населення тощо.

Міжкомпонентні зв'язки. Відображають взаємозалежність об'єктів у просторі (наприклад, тяжіння АЗС до автострад або заплавних озер до

русел річок). Ці зв'язки диференціюються за змістом (потоки речовини, енергії, людей, фінансів) та за просторово-часовою динамікою (цикли розвитку, добові чи сезонні коливання).

Просторова протяжність притаманна не лише матеріальним об'єктам, а й нематеріальним феноменам (світоглядні карти, зони поширення вірувань, громадська думка). Для їх опису в ГІС використовують кілька методів: координати визначають абсолютне положення, топологічні відношення (належність, перетин, близькість) описують відносне положення, а метричні параметри (розмір, площа) вказують на значимість об'єкта для господарства громади.

Особливе значення для сучасної соціальної географії має праця британської дослідниці Дорін Мессі (*Massey, 2009*). Вона пропонує сприймати фізичний простір не як «мертву плоску поверхню», а як живу тканину, насичену безліччю переплетених історій. Мессі виділяє три ключові тези:

- **Простір є продукт відносин**, він є результатом складної мережі зв'язків, обмінів та їх відсутності.

- **Простір як вимір множинності**, адже без простору неможливе одночасне співіснування різних речей та процесів.

- **Простір як незавершений процес**, оскільки він завжди перебуває у стані «творення» та постійної перебудови, ніколи не буває повністю завершеною статичною структурою.

Такий погляд дозволяє розробникам ГІС створювати не просто статичні карти, а динамічні моделі міського розвитку, що враховують соціальну нерівність, культурну багатогранність та постійну трансформацію міського середовища.

Наступним важливим поняттям є **територія**, яка розглядається не просто як фізична ділянка земної поверхні, а як складний конструкт, що поєднує владу, право та ідентичність.

П'єр Гасснер визначає територію як компроміс між міфічним і прагматичним аспектами сприйняття світу. За Гасснером (*Hassner, 1997*), територія триєдина:

- Сакральна спадщина (ділянка землі як символ ідентичності);
- Місце влади (інструмент політичного та військового контролю);
- Функціональний простір (адміністративна та економічна ефективність управління соціальними механізмами).

Девід Сторі доповнює це визначення, вказуючи, що територія — це частина географічного простору, на яку претендує або яку займає особа, група чи установа, що робить її областю «обмеженого простору» (*Storey,*

2001). Водночас Джо Пейнтер (*Painter, 2010*) переосмислює це поняття, доводячи, що «ефект території» насправді викликаний мережевими відносинами та залежить від інтенсивності зв'язків між суб'єктами.

Процеси встановлення кордонів і меж і формування ідентичності є взаємозалежними (*Görentaş, 2018*). Демаркація меж — це не лише креслення ліній на карті чи будівництво фізичних огорож, а й складні процеси соціальної та просторової диференціації (*Newman, 2006*). Медіна Гарсія (*Medina García, 2006*) пропонує розрізняти шість вимірів меж, які необхідно враховувати при моделюванні територіальних систем: історичний вимір, просторово-культурний вимір, вимір ідей, нормативний вимір, економічний і матеріальний вимір, агентський вимір. Розуміння цих вимірів дозволяє перейти від абстрактного визначення кордону до аналізу конкретних географічних реалій, що є основою для розробки сучасних систем управління територіальним розвитком.

Географічні межі у моделюванні міста постають як специфічні утворення, що маркують зони переходу між однорідними ареалами або районами, де змінюється інтенсивність впливу різних центрів тяжіння. Вони можуть фіксувати як фізичні переходи між середовищами (вода — суходіл), так і межі зон із граничною концентрацією певних явищ, наприклад, ареали хімічного чи радіаційного забруднення. Важливою характеристикою меж є їхня проникність, що визначає можливість міжкомпонентних зв'язків, таких як міграція населення (*Gordon, 1999*) чи міжнародна торгівля. Таким чином, межі в геоматиці виконують подвійну діалектичну функцію: поділу та зв'язку.

Виділена за певними ознаками зона географічного простору містить складну ієрархію просторових форм. Фундаментальними серед них є **ареали**, які можуть бути однорідними (один компонент) або різнорідними (поєднання кількох шарів). У міському середовищі вони розрізняються за характером розподілу: від неперервних (рівень ґрунтових вод) до дискретних (зони постійного та тимчасового проживання населення).

Наступним рівнем структури є **лінійні утворення** — протяжні об'єкти як природного, так і антропогенного походження. В урбаністиці це передусім транспортні та інженерні мережі: вулиці, залізниці, трубопроводи, лінії електропостачання та канали зв'язку, що забезпечують потоки речовини, енергії та інформації. У місцях перетину цих лінійних структур виникають вузли. Вузловими утвореннями є

практично всі поселення, де відбувається максимальна концентрація та взаємодія багатьох компонентів.

Сукупність лінійних об'єктів та вузлів формує **мережі**, які можуть бути суто матеріальними (річки) або інтегральними, як-от мережі розселення, що об'єднують поселення транспортними коридорами. Найвищим рівнем територіальної організації є **райони** — цілісні географічні утворення, що охоплюють різнорідні ареали та накладені на них мережі, оточені на периферії перехідними зонами.

Географічний підхід, реалізований через інструментарій ГІС, дозволяє розглядати місто не як статичну карту, а як динамічний багатошаровий простір. За допомогою геоінформаційних систем фахівці збирають та аналізують дані про положення об'єктів, розміри територій та стан інфраструктури. Це створює надійний фундамент для вирішення критичних міських проблем: від визначення зон ризику паводків та оцінки екологічного впливу забруднень до оптимізації транспортних потоків і стратегічного планування розміщення нових шкіл, парків чи торговельних центрів. Поєднання географічної теорії з потужністю ГІС дозволяє враховувати фізичні особливості простору при прийнятті управлінських рішень, забезпечуючи стійкий розвиток міських громад.

Фундаментом геосистемного підходу є поняття **цілісності**, яке в науковому дискурсі ХХ століття оформилося у вигляді **голізму** (від грец. *holos* — цілий). Ця філософська концепція, введена Яном Смутсом (*Smuts, 1926*) та розвинена Джоном Холдейном (*Haldane, 1931*), розглядає світ не як механічну суму частин, а як результат еволюції, що прагне до створення складних цілісних структур. У контексті містобудування цілісність притаманна не лише природним ландшафтам, а й біосоціальним системам, де територіальна спільнота формує єдиний організм через високу інтенсивність внутрішніх контактів.

За Л. Немець, (*2016*) **геосистема** — це гетерогенне утворення, що об'єднує соціальні, техногенні, мінеральні та біогенні підсистеми різних ієрархічних рівнів. Їхня взаємодія здійснюється через постійні потоки речовини, енергії та інформації в єдиному географічному просторово-часовому континуумі.

Для моделювання міського середовища ключовими є постулати геосистемної парадигми (*Топчієв, 2005*):

Компонентність та зв'язність означає що геосистема складається з елементів (оболонок Землі або дрібніших систем), поєднаних детермінованими або стохастичними зв'язками. Прямі зв'язки

визначають причину та наслідок, тоді як зворотні забезпечують саморегуляцію системи.

Системоутворюючі відносини - це головні зв'язки, які для геосистем виражаються у просторовій впорядкованості та організованості об'єктів на земній поверхні.

Ідея **геоструктури** передбачає, що кожна система має свою морфологічну, функціональну та управлінську будову.

Властивість **емерджентності** виявляється в тому, що цілісна геосистема володіє новими якісними характеристиками, які не притаманні жодному з її окремих елементів.

Еквіпотенційність та ієрархічність означає, що будь-який об'єкт одночасно є самостійною системою для своїх частин і елементом для системи вищого порядку.

Сучасний розвиток геосистемного підходу в урбаністиці тісно пов'язаний з ідеями Сторма Каннінгема (*Cunningham, 2002*) та концепцією «**економіки відновлення**» (**Restoration Economy**). Цей підхід акцентує на економічному зростанні через ревіталізацію та повторне з'єднання природного, збудованого та соціально-економічного середовищ. Впровадження принципів стійкості та відновлення дозволяє перетворити місто з пасивного споживача ресурсів на життєздатну геосистему, здатну до самооновлення та ефективного функціонування в умовах глобальних викликів. Ця концепція відрізняється від економічної діяльності, яка базується на зростанні, видобутку чи виснаженні природних ресурсів. Цей термін означає, що діяльність, спрямована на відновлення колишньої шкоди природним і людським спільнотам, часто є економічно вигідним на місцевому, регіональному та національному рівнях.

Містобудівний підхід спрямований на оптимізацію функціонування міської території та створення повноцінного життєвого середовища. Згідно із законодавством (*Закон України про основи містобудування, 1992*), містобудування є цілеспрямованою діяльністю державних органів, громад та бізнесу, що охоплює прогнозування розвитку територій, планування забудови, реконструкцію історичних центрів, реставрацію культурної спадщини та розбудову інженерно-транспортної інфраструктури.

У контексті створення муніципальних ГІС цей підхід базується на ідеї територіального планування. Він дозволяє узгоджувати суперечливі інтереси різних стейкхолдерів щодо розміщення об'єктів інфраструктури та використання природних ресурсів. Міський простір при цьому

розглядається як інтегрований еколого-економічний, соціокультурний та технічний комплекс, що потребує системного аналізу всіх його аспектів.

Етапи впровадження містобудівного підходу в архітектуру ГІС такі:

Комплексний аналіз території - збір та систематизація геоданих про топографію, демографію, структуру розселення, економічний потенціал та існуючий стан інфраструктури.

Формування стратегії розвитку - просторове узгодження потреб населення, бізнесу та вимог екологічної безпеки при розміщенні нових об'єктів.

Проектування системи - розробка концептуальної моделі ГІС, проектування бази геоданих, вибір програмно-технологічного стеку та оцінка економічної ефективності (СВА-аналіз)

Імплементация та тестування - розгортання робочого середовища системи, наповнення бази даних та налагодження аналітичних інструментів.

Експлуатація та моніторинг - використання ГІС для оперативного управління та постійна адаптація системи до змінних умов міського середовища.

Містобудівне мислення вимагає розгляду муніципалітету з позицій системної оптимізації (розміщення житла, шкіл, об'єктів послуг, парків та транспортних артерій). Ефективним інструментом такої оптимізації є «гра масштабами» та гнучке зонування. Показовим є досвід США, де межі шкільних округів (*school districts*) часто не збігаються з адміністративними межами округів (*counties*). Такий розподіл територіальної відповідальності покращує логістику доступу дітей до навчальних закладів, оптимізує навантаження на мережу та сприяє значній економії бюджетних коштів.

Застосування містобудівного підходу в ГІС дозволяє перетворити набір цифрових карт на інтелектуальну платформу управління, де кожне рішення про нове будівництво чи реконструкцію обґрунтовується через моделювання його впливу на загальну цілісність міського організму.

Зупинимось на питанні **моделювання динаміки об'єктів та часово-географічному підході** у ГІС. Сучасна парадигма геоінформаційного моделювання ґрунтується на часово-географічному підході, фундатором якого виступив шведський географ Торстен Хегерstrand (*Hägerstrand, 1970*) (рис.1.5).



Рис. 1.5. Тóрстен Гéгерстранд (1916-2004) - шведський географ, автор теорії просторової дифузії інновацій, відомий своїми дослідженнями з культурної дифузії та міграції

Його концепція виникла як спроба подолати фрагментацію в науці та управлінні через пропозицію цілісного погляду на людську діяльність у континуумі «простір-час». Як зазначає Г. Міллер (*Miller, 2017*), географія часу модернізує традиційні підходи, описуючи структуру просторово-часових умов та обмежень, що виникають внаслідок взаємодії історичних та географічних факторів. Це забезпечує багатовимірне бачення світу через спостереження за поведінкою соціальних груп та динамікою процесів у часі (*Ellegård & Svedin, 2012*).

Інтеграція часового виміру в ГІС дозволяє створювати складні динамічні моделі, які аналізують зміни в реальному часі. Важливе місце серед них посідають моделі поведінки масових людських потоків, що описують рух населення з урахуванням часу доби, погодних умов та локальних подій. Паралельно з цим розвиваються динамічні моделі природних катастроф, які є незамінними для прогнозування та мінімізації наслідків повеней, землетрусів чи лісових пожеж. Екологічний сегмент моделювання зосереджений на аналізі впливу кліматичних змін, трансформації землекористування та поширення забруднень на стійкість природних систем.

Технологічним підґрунтям таких моделей є динамічні дані, що надходять у режимі *real-time* з розгалужених мереж датчиків: метеостанцій, камер відеоспостереження та сенсорів дорожнього руху. Окрім природних та технічних процесів, часово-географічний підхід охоплює і динаміку економічних систем, дозволяючи аналізувати ринкові коливання, прогнозувати регіональний розвиток та оцінювати вплив макроекономічних чинників на міське середовище. Таким чином, перехід від статичних карт до динамічних ГІС-моделей перетворює просторові дані на живий потік інформації, необхідний для адаптивного управління сучасним містом.

Сучасна часова географія трансформує підхід до аналізу міських і соціально-економічних систем, фокусуючись на тому, як індивіди розподіляють обмежений ресурс часу між різними видами діяльності в

геопросторі. Згідно з Г. Міллером (*Miller, 2008*), цей напрям досліджує використання транспортних і комунікаційних технологій для оптимізації цього розподілу, а також вивчає закономірності, що виникають у структурі розселення населення. У межах муніципальних ГІС часова географія дозволяє не лише ретроспективно аналізувати еволюцію забудови, ландшафтних умов чи транспортних потоків, а й прогнозувати майбутні зміни міського середовища для розробки ефективних стратегій розвитку.

Класичне уявлення про те, що місцезнаходження людини однозначно визначає характер її діяльності (дім — побут, офіс — праця, ТРЦ — споживання), суттєво змінилося (*Wolf et al., 2005*). Нині робота, освіта, покупки та відпочинок децентралізовані у часі та просторі, будучи доступними лише у певних локаціях протягом обмежених часових вікон. Сучасні технології дозволяють моделювати ці складні переміщення, використовуючи три основні форми 3D-візуалізації:

Просторово-часові куби, - це засіб візуалізації даних, де географічний простір поєднується з часовою віссю, утворюючи об'ємну модель для виявлення кластерів активності (рис. 1.6). В горизонтальній площині x та y позначають місцеположення об'єктів, вздовж вертикальної осі відкладається час, отже кожен «шар» такого кубу являє собою певний часовий зріз.

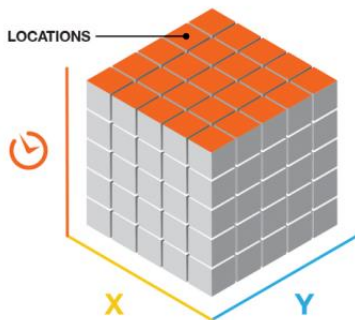


Рис. 1.6. Просторово-часовий куб

Просторово-часові маршрути: тривимірна візуалізація траєкторій щоденного руху людини, що дозволяє відстежити послідовність зміни локацій та тривалість перебування в них (рис 1.7).

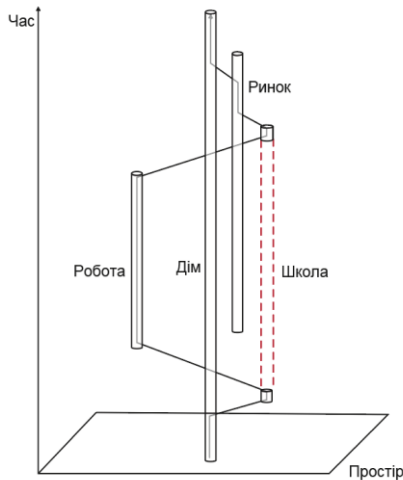


Рис. 1.7. Просторово-часовий шлях між станціями активності (Miller, (2017).

Ключовим інструментом аналізу доступності є **просторово-часова призма (Space-time prism — STP)**. Це тривимірна фігура, що обмежує всі можливі траєкторії руху об'єкта між двома фіксованими точками. Вона візуалізує потенційну область простору, яку індивід здатний відвідати для участі в певній діяльності, враховуючи наявний запас часу та швидкість пересування. Центральне місце в цій моделі посідають два типи активності (Miller, 2017). **Фіксовані види діяльності (Fixed activities)**, - це події, що жорстко прив'язані до певного часу та місця. Вони виконують роль **просторово-часових якорів (space-time anchors)**, навколо яких будується денний графік (наприклад, робочий графік, заплановані зустрічі або навчання). Саме ці «якорі» визначають початкову та кінцеву точки призми.

Гнучкі види діяльності (Flexible activities), - це активності, які можуть бути легко перенесені у часі або реалізовані у різних локаціях (наприклад, покупки, відпочинок, заняття спортом).

Важливим похідним поняттям є **потенційна територія переміщень (Potential Path Area — PPA)**. Це двовимірна проекція просторово-часової призми на земну поверхню, яка окреслює межі фізичного простору, фактично доступного для рухомого об'єкта.

Для муніципальних ГІС використання STP та PPA дозволяє розраховувати реальний рівень доступності міських сервісів. Наприклад, аналіз може показати, що попри наявність супермаркету поблизу, він може бути недоступним для мешканця через часові обмеження (якоря), що змушують його рухатися іншим маршрутом. Такий підхід робить ГІС-аналіз людиноцентричним, зміщуючи фокус із простої наявності об'єктів на можливість їх реального відвідування мешканцями (рис. 1.8).

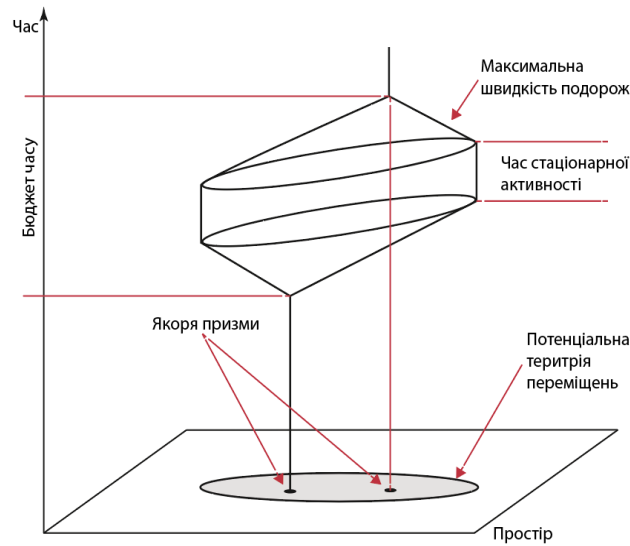


Рис. 1.8. Просторово-часова призма (Miller, 2017).

Говорячи про програмні засоби візуалізації просторово-часових даних, слід відзначити досвід компанії ESRI (Kristensson et al, 2008) щодо реалізації інструменту «Створення просторово-часового куба за допомогою агрегування точок» коли кожен стовпчик на карті відображає ряд зміни параметру в часі (рис. 1.9).

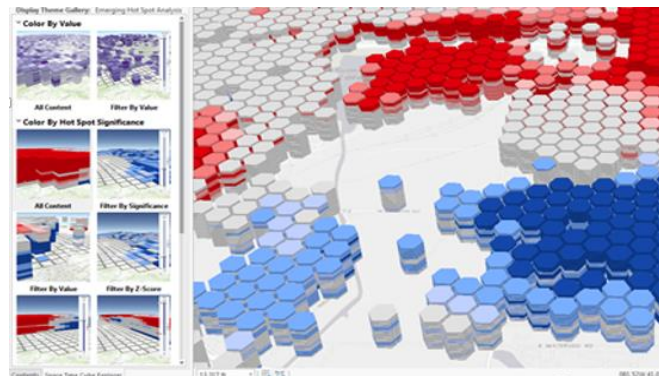


Рис. 1.9. Вивчення результатів аналізу просторово-часових шаблонів у середовищі ArcGIS (Kristensson et al, 2008)

Застосування цих інструментів у проектуванні муніципальних ГІС дає змогу глибше розуміти динаміку «життя» міста. Це допомагає планувальникам оцінювати реальну доступність послуг для різних груп населення та проектувати транспортні мережі, що відповідають сучасним ритмам людської діяльності.

Впровадження сучасних інформаційних технологій у муніципальне управління передбачає створення систем підтримки прийняття рішень (СППР), адаптованих до специфічних завдань міського середовища. СППР базуються на знаннях і покликані полегшувати або покращувати здатність менеджера працювати з різними видами інформації (*Holsapple, 2003*). У сучасних автоматизованих системах (АСПР) для цього застосовують широкий спектр інтелектуальних методів: експертні оцінки, нейронні мережі, алгоритми м'яких обчислень, регресійний аналіз та байєсівські моделі (*Бідюк та ін., 2022*).

Інтеграція ГІС із системами підтримки рішень дозволяє органам влади (міста, селища, ОТГ) комплексно вирішувати проблеми транспортної безпеки, екологічного моніторингу та планування забудови. ГІС забезпечує СППР критично важливими просторовими даними та інструментами візуалізації, що дозволяє, наприклад, розраховувати оптимальні маршрути евакуації при аваріях або моделювати соціальний ефект від реалізації стратегій розвитку.

Одним із ефективних математичних інструментів у структурі СППР є Метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process — АНР), розроблений Томасом Сааті. Він дозволяє декомпонувати складну проблему на ієрархію критеріїв та варіантів, визначаючи їхню відносну важливість через попарні порівняння.

Процедура застосування методу АНР включає такі етапи: формулювання мети та визначення критеріїв прийняття рішення; побудова багаторівневої ієрархічної структури (ціль — критерії — альтернативи); попарне порівняння важливості критеріїв між собою; оцінювання кожного варіанту (альтернативи) за кожним критерієм; розрахунок вагових коефіцієнтів та синтез пріоритетів; перевірка узгодженості суджень та вибір оптимального варіанту.

Прикладами застосування методу АНР у міських ГІС може бути вибір пріоритетного виду транспорту на основі порівняння економічної ефективності, екологічних ризиків та комфорту мешканців; вибір оптимальної локації для будівництва нової школи чи дитячого садка (критерії: транспортна доступність, безпека, наявність комунікацій); вибір місця для нового міського парку, де враховується баланс між вартістю викупу землі, доступністю для громади та екологічною цінністю території.

Завдяки поєднанню аналітичної потужності методу АНР та візуалізаційних можливостей ГІС, управлінські рішення стають

прозорими, математично обґрунтованими та орієнтованими на сталий розвиток муніципалітету.

Питання для самоперевірки знань:

1. Дайте характеристику сучасних наукових напрямів розвитку урбаністики і географії міст.
2. Що таке «об'єкт» і «предмет дослідження»?
3. Чи можуть бути тотожними об'єкт і предмет дослідження?
4. Поясніть різницю між об'єктно-предметною областю дослідження географії міст і урбаністики .
5. Обґрунтуйте необхідність уточнення об'єкта дослідження муніципальних ГІС .
6. Викладіть суть поняття «геосистема».

1.8. МІСТО ЯК ОБ'ЄКТ МОДЕЛЮВАННЯ.

"Місто - це не башти і стіни, а зібрання благородних людей, які в них живуть"

Фукідід

В широкому розумінні будь які наукові дослідження стосуються «...пошуку відповіді на запитання, розв'язання дослідницьких проблем або генерування нових знань шляхом систематичного та впорядкованого збору, організації та аналізу даних з кінцевою метою зробити результати дослідження корисними для прийняття рішень...» (*Sanz-Casado, & Lascurain-Sánchez, 2023*).

Говорячи про моделювання міста, Володимир Нікітін (*Нукитин, Нукитина, 2000*) зазначає, що : «жодний опис не дає повного уявлення про місто. Місто у цьому сенсі є сумою описів». Наведемо найбільш значущі, на нашу думку, групи підходів до визначення об'єкту моделювання в муніципальних ГІС: підходи фахівців предметних областей (архітекторів, містобудівників, географів) та підхід фахівців інформатики.

Підхід **містобудівників та архітекторів (інженерний)** передбачає розуміння простору міста в термінах архітектурно-планувальної структури, що означає розміщення на його території зон для виробництва, житла, громадських центрів і центрів відпочинку,

створення системи зв'язків між ними й структурною організацією кожної із зон. Місто уявляється як набір планів, схем та креслень, які відображають структуру та організацію таких систем як водопостачання, каналізація, транспортна мережа, заклади громадського харчування, освітні установи тощо.

Набуває популярності концепція "**розумного міста**" (**Smart City**), заснована на використанні сучасних технологій для оптимізації міської інфраструктури та покращення якості життя мешканців. З'являються мережі сенсорів, системи керування транспортом та інші інноваційні технології. Ентоні Таунсенд аналізує концепцію **розумних міст**, критикуючи суто технократичний підхід великих корпорацій. Він протиставляє вертикальне управління та цифрові «командні центри» ідеї органічного розвитку, де технології стають інструментом для активної участі громадян а також принципи «нової громадянської науки», закликаючи створювати відкриті мережі та децентралізовані рішення, що враховують місцевий контекст і соціальні потреби. Таунсенд спирається на історичні приклади урбаністики, щоб довести, що місто має бути не механізмом для оптимізації, а живим організмом, керованим самими мешканцями. Основний акцент він робить на важливості публічної власності на дані та прозорості алгоритмів, що дозволяє уникнути цифрової нерівності (*FutureEverything, 2013*).

Географи ведуть мову насамперед про просторову (територіальну) організацію міст. Їх підхід ілюструє визначення наведене Олександром Топчієвим: «об'єктом досліджень для всієї системи географічних наук є **ландшафтна оболонка Землі...** (земна кора, атмосфера, гідросфера, біосфера, населення (антропосфера) та штучний матеріальний світ, створеним людиною (техносфера)» (*Топчієв, 2016*).

Екологи уявляють міста в межах теорії організації процесів життєдіяльності. Базовою формою такого уявлення є відношення організм — середовище. На тлі актуалізації екологічної проблематики з'являються містобудівні концепції «зелене місто», «збалансоване місто». При цьому розглядаються «...методи та інструменти, такі як контрольні показники для вимірювання екологічної ефективності та/або стійкості...» та «...заходи на рівні міста для покращення сталого розвитку та екологічної ефективності за допомогою використання та аналізу показників і інструментів політики...» (*Brilhante, & Klaas, 2018*).

Фахівці в сфері інформаційних технологій використовують **робочі процеси (workflows)** як засіб для визначення та автоматизації повторюваних експериментів, які отримують, інтегрують та аналізують

набори даних за допомогою розподілених ресурсів» (Belhajjame et al, 2015). Ці ж автори пропонують науковий експеримент визначити як «...графік, де вузли представляють операції аналізу..., а ребра визначають залежності між операціями...» (Belhajjame et al, 2015). Саме визнання **робочих процесів** як будівельних блоків при розробці нових експериментів з просторовими даними дозволяють відтворювати попередні експериментальні результати.

Шон Беххофер з Манчестерського університету з співавторами визначають поняття **дослідницьких об'єктів**, орієнтованих на робочі процеси (Bechhofer et al, 2010) як «...семантично багатих агрегацій (потенційно розподілених) ресурсів, які забезпечують шар структури поверх інформації, що подається як пов'язані дані...» Дослідницькі об'єкти за їх словами «...об'єднують важливу інформацію, що стосується експериментів та досліджень (використовувані дані, методи, персонал)».

Дослідник підбирає дослідницький апарат для оптимального дослідження певного феномену реального світу. Цей **дослідницький об'єкт** зберігається не у вигляді традиційної публікації, а у вигляді, коду, UML – діаграми тощо у бібліотеці або хмарному сховищі, доступ до якого організовано через спеціальний геопортал. Інший дослідник обирає цей дослідницький об'єкт, якщо він задовольняє вимогам, і використовує для пізнання іншої території для іншого дослідження. Саме такий підхід забезпечує повноцінне і однозначне відтворення експериментів, що є корисним, зокрема, для завдань моніторингу міського середовища (рис. 1.10).

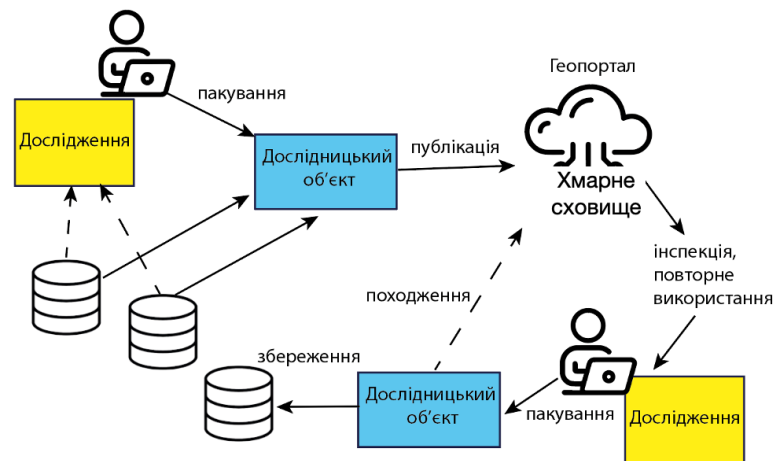


Рис. 1.10. Користувацькі сценарії створення та використання дослідницьких об'єктів (Bechhofer et al, 2010) з доповненнями

Таким чином територія населеного пункту розглядається з одного боку з позицій будови та функціонування міста, а з іншого боку з позицій нашого пізнання та збереження знань про цей об'єкт та його структуру і функціонування.

1.8.1. Місто як територія і місто як мережа

Наприкінці XIX ст. Ф. Ратцель, визначаючи рамки географії людини, назвав містом «довготривале скупчення людей та їхніх помешкань, що займає значне місце і розташоване в центрі великих комунікацій» (*Боже-Гарньє та Шабо, 1963*). Основними пунктами визначення міста у Ф. Ратцеля виступають: *специфічні види діяльності* (торгівля, адміністративна діяльність та дрібне ремесло), *концентрація помешкань, мінімальна межа чисельності населення*.

Пізніше акцент дослідників робився на видах діяльності, що концентрувалася у містах. У Франції ще з 1887 р. зберігається критерій мінімальної чисельності міста 2 тисячі людей. У Японії ж міста повинні мати чисельність населення щонайменше 30 тис. осіб. У Данії поселення вважається міським з 200 людей. У Франції до таких критеріїв віднесення поселення до категорії міського належить відстань між будинками, яка не повинна в одному місті перевищувати 200 метрів. В Ізраїлі при 2000 осіб — мінімальній чисельності городян, для віднесення поселення до категорії міст, не менше ніж третина з них повинні займатися несільськогосподарською працею.

Отже, *Місто – постійне та густонаселене поселення з адміністративно визначеними межами, мешканці якого працюють переважно на несільськогосподарських роботах* (*Caves, 2004*).

На території міст дослідники спостерігають різноманітні просторові ефекти, які впливають на їх функціонування та розвиток. Найбільш характерні просторові ефекти в містах такі.

1. Міста характеризуються високою **концентрацією** населення, місць прикладання праці, підприємств промисловості, сфери послуг, інфраструктури тощо. Це призводить до того, що багато різних елементів знаходяться в безпосередній близькості один до одного.

2. Незважаючи на високу концентрацію, просторові елементи міста також можуть мати **розсіяний характер** що формують окремі центри та передмістя. Це створює різні функціональні зони в межах міста і може впливати на щоденну і періодичну мобільність населення та доступність просторових елементів.

3. Міста часто мають **ієрархічну структуру**, де центральні ділянки території мають більше значення, більшу концентрацію функцій і ресурсів (як наслідок ці земельні ділянки мають вищу ціну), натомість передмістя можуть мати меншу концентрацію об'єктів та менш складну структуру використання території.

4. Міста є місцем, де відбувається **змішування функцій**: розселення населення, місця роботи, виробництво, торгівля, освіта, культура і розваги, знаходяться поруч. Це створює унікальне функціональне змішування, що забезпечує різноманіття можливостей для життя та розвитку мешканців, що є фактором що притягує людей, особливо молодь до міст.

5. Міста часто мають складні **системи зв'язків**, інфраструктури та транспортних мереж, що забезпечують зв'язок між різними частинами міста та його зв'язаність з іншими населеними пунктами.

Архітектори та містобудівники докладають зусиль, щоб створити **ідеальне місто**. Складовими такого міста в суспільному дискурсі є такі аспекти міського життя як **безпека, дозвілля, екологічність (чистота навколишнього середовища), достойна робота, гарна транспортна доступність** до зелених зон, установ культури та підприємств роздрібної торгівлі. Це виявляється у творчих роботах студентів.

Багато дослідників ведуть мову так само про мережеву сутність міста. Переосмислення територіального ефекту полягає в тому що місто є «продуктом мережевих соціально-технічних процесів» (*Painter, 2010*). По-перше території міста є продуктом просторово розгалужених мереж людей. На його переконання вся людська діяльність залежить від матеріальних інфраструктур мереж передачі даних, маршрутизаторів, каталогів, дисків, систем кондиціонування, стабільного електропостачання, водопостачання і водовідведення, роздрібної торгівлі тощо. Більшість таких мереж виходять далеко за межі будь-якої окремої регіональної або навіть національної території (*Painter, 2010*). Пейнтер (*Painter, 2010*) твердить, що більшість господарських активів є мережевими явищами, і при їх уважному вивченні важко визначити, які з них є ендегенними (можуть бути чітко віднесені до певної території), а які ні. Професійні навички та знання залежать від розгалужених національних та міжнародних мереж освіти, підготовки, оцінювання, безперервного професійного розвитку, регулювання та обміну. Ремісничі навички нині також стають все більш транстериторіальними.

З цього можна зробити висновок, що ефект території породжується мережевими відносинами та істотно залежить від них.

Таким чином, характеристики міст можна умовно розділити на кілька категорій:

1. Демографічні характеристики дають уявлення про велику кількість населення, які мешкають на обмеженій території міст (цифри можуть варіюватися від декількох тисяч до мільйонів людей). Вивчається вікова структура (більшість міст мають більшу частку населення у віці від 20 до 64 років - працездатна вікова група) заслуговує на увагу характеристики етнічного складу населення, що відображає культурну різноманітність та інклюзивність; рівень приросту населення в містах).

2. Економічні характеристики - більшість міст мають розвинену виробничу інфраструктуру та високий рівень розвитку промисловості та послуг, які забезпечують економічний розвиток міста та доходи населення. Більшість міст мають менший рівень безробіття, за рахунок можливостей для зайнятості в порівнянні з сільськими районами. Міста, зазвичай, мають вищий рівень економічного розвитку, що дозволяє їм забезпечити більше можливостей для інвестицій, збільшення виробництва та заробітної плати; у містах зазвичай вищий рівень доходів на душу населення порівняно з сільськими районами.

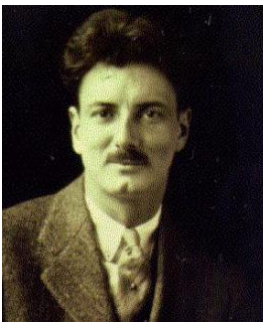
3. Інфраструктура, - це всі матеріальні об'єкти та послуги, які забезпечують функціонування міста та задоволення потреб його мешканців. Потребує обліку та картографування рівень розвитку транспорту (дороги, мости, тунелі, залізниці, міський транспорт, велодоріжки та пішохідні зони). Міста мають розвинені енергетичні мережі, (електромережу, газопроводи, теплові мережі та інші системи енергопостачання); мережі водопостачання та каналізації, (водозабірні споруди, водонапірні башти, очисні споруди); житлову інфраструктуру (багатопверхові та приватні будинки та інші житлові комплекси); розвинену технічну інфраструктуру, включаючи телефонні мережі, інтернет, телевізійні мережі, системи відеоспостереження та інші технічні системи; соціальну інфраструктуру, (школи, університети, лікарні, поліцейські дільниці, спортивні комплекси, парки та інші об'єкти).

4. Екологічні характеристики: для більшості міст характерними є проблеми із забрудненням повітря і поверхневих та підземних вод забруднення ґрунтів, що відбуватися в результаті надходження токсичних речовин в природне середовище, а також питання щодо використання зелених зон та природних ресурсів. Особливо великі міста часто стикаються зі значними проблемами зі збільшенням кількості відходів, забезпечення їх ефективної утилізації та переробки.

5. Культурні та соціальні характеристики міст що збільшують їх привабливість, це наявність та розвиненість культурних центрів, музеїв, театрів, галерей, нічних клубів, барів та ресторанів, та інших публічних просторів та місць дозвілля; унікальної архітектури (історичні будівлі, вулиці з бруківкою, міські площі та парки); характерним є проведення в містах різноманітних фестивалів (музичних, кіно, їжі та напоїв, науки та технологій тощо. Міста є осередками різноманітних культур, що забезпечує багатство культурної спадщини та різноманітність культурних подій та фестивалів.

Ці характеристики міста визначають перелік об'єктів та характеристик що підлягають геоінформаційному моделюванню що детальніше описані у 3 розділі цієї роботи. Карти відповідної тематики дозволяють оцінювати рівень розвитку міста та його потенціал для подальшого розвитку. Вони також допомагають визначати пріоритетні напрямки розвитку та планувати стратегії муніципального управління.

1.8.2 Функції міст



«Міста — це центри, навколо яких обертається доля світу» — Льюїс Мамфорд американський історик, соціолог і філософ техніки

Функції міста слід розуміти як види його діяльності, що спрямовані на зв'язки міста із зовнішнім світом. Згідно з класичним текстом (*Боже-Гарньє та Шабо, 1967*) міста виконують цілий ряд функцій: **військові, торговельні, промислові, культурні, гостинництва, адміністративні і політичні**. Слід погодитися з авторами, що до рівня функцій не піднімаються види діяльності, що виконуються для забезпечення щоденних потреб мешканців (такі види діяльності називають містообслуговуючими). Вони притаманні кожному місту та не можуть визначати його спеціалізацію.

Олександр Топчієв наводить більш повну класифікацію функцій міст (*Топчієв, 2005, с. 272*) демографічно-розселенська; адміністративно-

управлінська; виробнича (матеріальне виробництво); соціально-побутова; ділових послуг; освітньо-культурна; науково-технічна та інноваційна; зовнішньо-економічна; торговельно-розподільча; комунікаційна (розподільча); транспортно-комунікаційна; рекреаційно-туристична; спортивно-оздоровча; природоохоронна, соціально-екологічна (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Функції міста (Топчієв, 2005, с. 272)

Співвідношення різних аспектів діяльності міст визначається їх функціональною структурою. Міста діляться на *багатофункціональні* і *монофункціональні*. У монофункціональних містах переважає одна функція (наприклад, адміністративний центр, курортне селище, спеціалізоване промислове поселення - шахта, шахта або завод). У інших містах окремі функції можуть поєднуватися і багато міст виступають як багатофункціональні центри.

Багатофункціональні центри, - це переважно, великі міста виконують відразу кілька функцій (хоча серед цих функцій зазвичай можна виділити переважаючу) (Руденко, 2013).

В залежності від задач що вирішуються муніципальної ГС в кожному конкретному випадку розробники будуть приділяти особливу увагу дослідженню певних функцій.

1.8.3. СТРУКТУРА МІСТА

Муніципальні геоінформаційні системи в залежності від поставлених завдань можуть по-різному структурувати елементи міської території: виокремлювати, описувати в цифровому середовищі та позначати на карті точкові, лінійні, площинні або тривимірні **просторові об'єкти**, явища і процеси, які є важливими для її ефективного управління містом.

Простір міста можна охарактеризувати як: **ціле**, що характеризується певною однорідністю (гомогенністю). Тоді властивості простору можуть змінюватися поступово і можуть бути уявлені та змодельовані як континуальні об'єкти (рельєф, температура, вміст шкідливих компонентів у природному середовищі); **об'єднання**: масова зв'язок може бути підключена кожен набір різних об'єктів; **членство**: це націоналізм і релігійність.

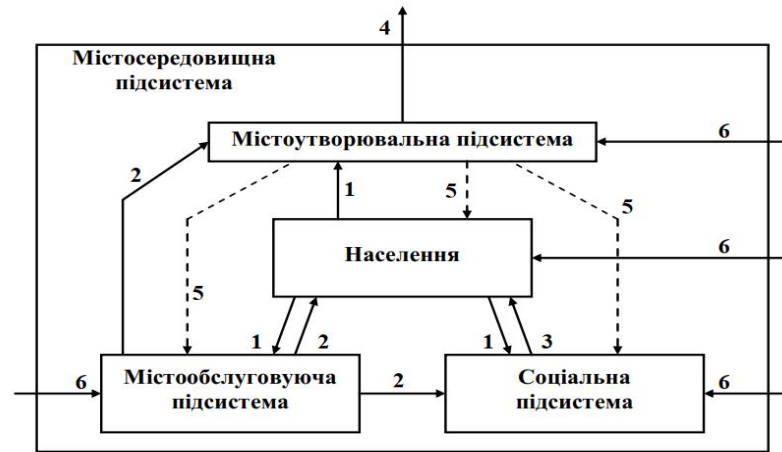


Рис. 1.12. Структура міста як системи (Дронова, 2014)

Цифрами на рисунку позначені складові підсистеми міста: 1. Трудові ресурси; 2. Продукція і послуги міського господарства; 3. Послуги соціальної сфери; 4. Продукція і послуги містоутворювальних підприємств; 5. Частина продукції і послуг містоутворювальних підприємств, що реалізується у місті; 6. Зовнішня продукція і послуги.

Використання біологічної метафори дозволяє наочно представити місто не як набір статичних об'єктів, а як цілісну систему життєзабезпечення міста. У такому порівнянні кожна технічна складова архітектури знаходить свій аналог у фізіології живого організму.

Скелетом міста виступає його базова просторова основа та інфраструктура: основні магістралі, що тримають на собі всю конструкцію міського простору. Нервова система — це цифрові комунікації, сенсори IoT та оптико-волоконні мережі, які миттєво передають імпульси про стан середовища до аналітичного центру.

Кровоносна система аналогічна інженерним мережам водопостачання, теплозабезпечення та енергетики, що безперервно транспортують життєво важливі ресурси до кожного «органа»-мікрорайону. М'язова система міста — це його виробничі потужності, що забезпечують рух і фізичну активність міського організму. Органами чуття стають камери відеоспостереження, метеостанції та сервіси зворотного зв'язку від мешканців, які дозволяють системі бачити, чути та відчувати потреби громади. Нарешті, мозком системи є інтелектуальне ядро ГІС, де відбувається обробка сигналів, прийняття рішень та формування керуючих команд, що забезпечують гомеостаз — стан динамічної рівноваги та сталого розвитку всього міського середовища.

1.8.4. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ МІСТА (ЗОНІНГ)



«Життєздатне місто неможливе без змішування функцій. Коли ми розділяємо життя на зони, ми вбиваємо його природний ритм»

Джейн Джекобс американська та канадська журналістка, письменниця

Впорядкування території сучасних міст базується на механізмі зонування (Zoning), який виступає головним інструментом контролю влади над використанням земель та споруд. Цей процес передбачає поділ населеного пункту на окремі зони з чітко визначеними регламентами, що забезпечує гармонійний розвиток міського середовища. Замість суцільної забудови місто формується як збалансована структура, де житлові масиви чергуються із «вкрапленнями» соціальної інфраструктури: дитячими садочками, школами, парками та місцями дозвілля (Саук, 2021).

Зонінг не лише організовує використання землі, а й жорстко регулює параметри забудови — від призначення будівель до їхніх габаритів та щільності розташування в конкретних районах. У сучасній урбаністиці цей інструмент є ключовим для реалізації політики територіального планування.

Окрім архітектурного контролю, процес зонування має й економічний підтекст: через диференціацію податків або орендної плати за землю муніципалітети можуть штучно стимулювати інтерес до певних частин міста. Таке маніпулювання вартістю землі дозволяє привертати увагу інвесторів до депресивних районів, що потребують оновлення, — стратегія, яка стала стандартом для більшості американських міст у їхніх планах довгострокового розвитку (рис. 1.12).

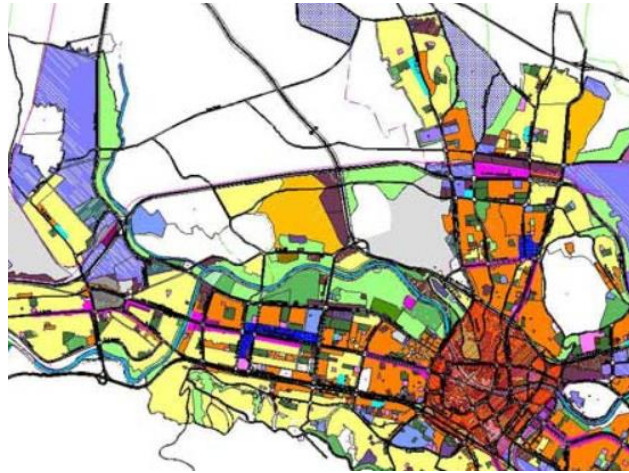


Рис. 1.12. Фрагмент зонування міста Скоп'є (Wikimedia Commons)

Перший всеохопний зонінг було здійснено у 1916 р. у Нью-Йорку через протести мешканців проти зменшення доступу світла та повітря, що відбувалося внаслідок висотної житлової забудови. Рішення 1916 року були простими правилами, які встановлювали контроль над висотою будівель та відступами між ними, а також визначали розподіл житлових, комерційних та інших функціональних зон. Це сприяло зведенню високих і елегантних будівель-ікон, що стали характерною рисою бізнес-району, а також встановленню традиційного масштабу трьох-шести поверхових житлових будинків, які можна знайти по всьому місту.

В умовах планової економіки колишнього Радянського Союзу, містобудівна діяльність була підпорядкована генеральним планам і планам детального планування, які розроблялися централізовано проектними інститутами. Ці плани базувалися на державних будівельних нормах (ДБН та ГОСТ) і не передбачали приватну ініціативу. Генеральний план та інші планові інструменти намагалися визначити всі аспекти міста, зокрема, населення, транспорт, розміри районів тощо. Проте ці плани виявилися негнучкими і часто не відповідали реальному розвитку міста, що призводило до необхідності їх переробки ще до закінчення

терміну дії. Після отримання Україною незалежності генеральний план почав втрачати свою значимість, і навіть міські ради часто ігнорували його положення та приймали рішення на користь окремих приватних забудовників.

Нині Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності» передбачено розроблення Плану зонування території (далі зонінгу) – містобудівної документації, яка визначає умови та обмеження використання території населених пунктів.

ДБН Б.1-1-22-2017 «Склад та зміст плану зонування» та інші документи визначають задачі зонінгу: 1) регулювання планування та забудови територій з урахуванням інтересів стейкхолдерів; 2) раціонального використання території; 3) створення сприятливих умов для залучення інвестицій; 4) забезпечення вільного доступу громадян до інформації стосовно розвитку населеного пункту; 5) забезпечення сумісності забудови окремих земельних ділянок; 6) сприяння реалізації завдань довгострокового розвитку населеного пункту, з урахуванням його особливостей, розміщення об'єктів історико-культурної спадщини та екологічного стану; 7) розвитку інженерної та транспортної інфраструктури; 8) вдосконалення мережі обслуговування населення; 9) збереження об'єктів культурної спадщини та об'єктів природно-заповідного фонду.

Нині фахівці (Саук, 2021) вважають що в умовах невизначеності, пов'язаних з перехідним періодом від планової до ринкової системи господарювання першочерговим завданням є «...затвердження планів зонування на ті частини території міста, до яких немає зауважень громадськості і значних ризиків містобудівних порушень (історично сформована територія житлової забудови) та прийняття програм про оновлення містобудівної документації, зокрема щодо розроблення Комплексних планів просторового розвитку території...» (Саук, 2021).

Використання ГІС дозволяє перетворити текстові правила зонування на динамічну систему просторових обмежень (Constraints). У такій архітектурі кожен регламент зонінгу накладається на карту міста як інтелектуальна «маска», що автоматично фільтрує та контролює будь-які проектні рішення.

Традиційна модель містобудування двадцятого століття спиралася на жорстке функціональне зонування де мешканці жили в одній частині міста працювали в іншій а розважалися в третій. Сьогодні такий підхід визнано неефективним і більшість сучасних муніципалітетів переходять до стратегії змішаного використання території. Ця концепція передбачає

створення **багатофункціональних зон** де житлові будинки офіси магазини та сервіси співіснують у межах одного кварталу або навіть окремої будівлі. Впровадження такої моделі вирішує низку критичних проблем та безпосередньо впливає на економічну стійкість громади адже малий бізнес отримує постійний потік клієнтів протягом усього дня а комерційні площі створюють нові робочі місця та наповнюють місцевий бюджет.

Змішане використання території є фундаментом концепції п'ятнадцятихвилинного міста в якому робота соціальні заклади та місця відпочинку розташовані в межах пішої доступності. Це значно підвищує якість життя через зменшення часу на логістику та знижує залежність від приватних автомобілів що позитивно впливає на екологічну ситуацію та зменшує кількість заторів. Крім того багатофункціональні зони є безпечнішими завдяки постійній присутності людей на вулицях на відміну від монофункціональних районів які вимирають у певні години доби.

Для реалізації такого підходу за допомогою геоінформаційних систем муніципалітети мають забезпечити гнучкість зонування та переглянути застарілі регламенти. Важливо враховувати можливість як вертикального змішання функцій у межах однієї споруди так і горизонтального розподілу різних об'єктів на одній ділянці. Заслужовує на увагу облік занедбаних територій - браунфілдів, та територій що потраждали внаслідок війни. Успішне планування потребує розвитку якісного громадського простору та стимулювання девелоперів до створення соціальної інфраструктури. Змішане використання територій фактично повертає місто до його історичного образу як місця зустрічі та обміну перетворюючи транзитні зони на справжні живі спільноти.

Отже використання зонінгу в ГІС може забезпечувати такі механізми.

Автоматична перевірка цільового призначення яка реалізується таким способом. При спробі внести новий об'єкт у систему, ГІС виконує функцію Point-in-Polygon. Якщо точка забудови потрапляє в полігон «Рекреаційна зона», де житлове будівництво заборонено, система миттєво блокує реєстрацію заявки, посилаючись на відповідний нормативний акт.

Параметричні обмеження щільності та висотності які для кожної зони в атрибутивній таблиці ГІС прописані як параметри (максимальна висота, відсоток забудови ділянки, мінімальний відступ від червоних ліній). Це дозволяє створювати тривимірні «кошики допустимого об'єму»

(Zoning Envelopes), вихід за межі яких фізично неможливий у цифровій моделі проекту.

Економічне моделювання через вартість ділянок в системі реалізується шляхом інтеграції даних про зонінг із вартістю землі. Це дає змогу муніципалітету в реальному часі бачити, як зміна статусу зони (наприклад, з промислової на ділову) вплине на потенційні інвестиції та податкові надходження, перетворюючи карту зонування на інструмент економічного стимулювання.

Такий підхід перетворює зонінг із паперового плану, який можна трактувати двозначно, на «цифровий закон», що діє автоматично. Це значно знижує корупційні ризики, оскільки будь-яке відхилення від встановлених «масок» обмежень фіксується системою як конфлікт даних, що потребує публічного обґрунтування.

1.8.6. ПЛАНУВАЛЬНИЙ КАРКАС: МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ТА ПОТОКІВ



«Планувальний каркас — це незмінна геометрія міста, яка залишається стабільною, поки самі будівлі з'являються, зникають і змінюються навколо неї». — Кевін Лінч американський містобудівник та письменник (адаптація ідей з «Образу міста»)

У економіці країн та міст ключову роль відіграють **потоки руху людей, товарів, фінансів та інформації**. Ці потоки є зв'язуючими ланками між країнами, містами, районами та окремими мешканцями. Транспортні потоки доволі різноманітні: наземні та підземні, постійні та періодичні, вони утворюють мережу, яку часто розглядають як планувальний каркас міста. Окремо функціонують інфраструктурні мережі (водогін, водовідведення, електропостачання, мережі зв'язку тощо), що характеризується схожим просторовим рисунком та властивостями.

За індустріалізації ХХ ст. промислові зони міст планувалися окремо від житлових масивів. Їх пов'язували транспортні комунікації, мережа яких і отримала назву **планувальний каркас**.

Мережі та потоки досліджуються за допомогою спеціальних **мережевих моделей**, які є специфічними інформаційними моделями, що враховують властивості транспортних систем у місті та взаємодію цих систем з іншими видами інфраструктури з урахуванням демографічних, економічних та екологічних аспектів життєдіяльності міст (Rodrigue, 2020).

Такі моделі являють собою мережі (сітки) або графи, що складаються з сторін (дуг) та перехресть (вузлів). Використання їх пов'язане, зокрема, з теорією графів. Одне із перших відомих застосувань цієї теорії пов'язане з розв'язанням Леонардом Ейлером задачі про мости Кенігсберга (Shields, 2012).

У масштабах окремого перехрестя чи транспортної розв'язки оптимізація руху транспорту, формування безпечних і безперервних умов руху виконується шляхом так званого **мікромодельювання** (Korchevska та ін., 2023).

Транспортні моделі в ГІС спираються на наукові положення містобудування, географії транспорту, логістики. Витоки застосування цих моделей лежать у дослідженнях кількісної революції в географії у період 1960-х років ХХ ст. Подібно до того як це відбувалося в економіці, кількісна революція часто призводила до механістичного підходу, при якому відповідність реальності стала дещо другорядною. Деякі дослідники намагалися реальність вписувати в моделі. Тому застосовуючи математичні моделі слід бути особливо уважними адже вони можуть спрощувати складні реальні ситуації та не враховувати всі можливі фактори, що призводить до неточностей у прогнозуванні та прийнятті рішень. Надмірна довіра до цих моделей може призвести до неправильних висновків та непрорахованих наслідків.

Теоретичні основи дослідження транспорту в просторовому аспекті розробляли: Едвард Ульман (Ullman, 1941), (Ullman, 1954), (Ullman, 1960), Харольд Маєр, Ж.-П. Родріг (Jean-Paul Rodrigue) (рис. 1.13), Михайло Григорович та інших.

Модельювання транспорту в містах базується на емпіричних даних (треків маршрутів, показників інтенсивності руху, інформації щодо випробувань якості покриття доріг тощо) та використання методів просторового аналізу, починаючи від простих текстових описів до більш складних моделей, зокрема, кількісного аналізу (Rodrigue, 2020).



Рис. 1.13. д-р Жан-Поль Родріг (*Jean-Paul Rodrigue*) з Університету Хофстра (*Hofstra*), США

Картографічне моделювання транспортної системи дозволяє отримати важливу інформацію для прийняття рішень щодо планування розвитку міста, зокрема для завдань:

1. Вивчення інтенсивності руху вантажного транспорту та пасажиропотоків в межах міста.
2. Пошуку оптимального маршруту руху транспортних засобів.
3. Аналізу проблемних (“вузьких” місць мережі, аварійних ділянок) ділянок або вузлів дорожньої мережі міста.
4. Оцінювання ефективності інфраструктури міського транспорту за показниками співвідношення обсягів та часу або вартості перевезень.
5. Планування розвитку транспортної інфраструктури міста на майбутнє.

Загалом, метою застосування методів геопросторового аналізу є покращення логістики (вантажів), мобільності населення, зменшення транспортних заторів, покращення транспортної безпеки та зменшення впливу транспорту на природне середовище міст шляхом визначення просторових обмежень. Такими обмеженнями можуть бути **пропускна здатність, вартість перевезень, час руху**, але частіше всі ці чинники слід розглядати в поєднанні. Отже, шляхом застосування транспортних моделей в ГІС можливо визначити відповідні стратегії та політики використання транспортних мереж та надати деякі сценарії щодо їх можливих наслідків.

Існують різні способи класифікації методів, які використовуються в транспортній географії: **якісні і кількісні**; чи застосовуються вони до **інфраструктури** (шляхами, вузлами і терміналами) чи **потоків** (пасажирів та вантажів); чи забезпечують вони **інтерполяцію чи екстраполяцію**; чи містить запропонована методика **опис, пояснення чи оптимізацію**; який обрано рівень **агрегації даних**, характер **припущень** або **складність розрахунків** (*Rodrigue, 2020*).

Перша група методів безпосередньо пов'язані з вивченням транспорту, оскільки більшість бере свій початок з транспортного планування. Методи, які переважно використовуються в транспортній географії, вміщують наступний перелік (Таблиця 2).

Таблиця 2. Методи моделювання транспорту (Rodrigue, 2020)

	Транспортні	Багатодисциплінарні
Географічні	Мережевий аналіз, аналіз землекористування, транспортні зв'язки	Картографічний статистичний
Багатодисциплінарні	Моделі міського транспорту Подорожі/транспортні знімання	Опитування/інтерв'ю Великі дані Оцінка впливів Оцінка ризиків Аналіз політик

Аналіз мереж (який базується на **теорії графів**), використовується для вивчення форми і структури транспортної мережі, змін їх з часом. Ключова роль полягає у вивченні **взаємодії землекористування та транспорту**.

В муніципальних ГІС доцільно скористатися **моделями потоків та розподілів** місця розташування, які можна використовувати для визначення таких речей, як межі шкільного округу, зони обслуговування або визначення місця розташування нової торгової точки. Ці методи призводять до **процедури оптимізації** транспортних систем.

Слід погодитися з фахівцями (Rodrigue, 2020), що дослідження просторових аспектів діяльності транспорту стосуються **економіки** (розвиток громад), **соціуму** (доступ до послуг), **екології** (забруднення повітря або води) та **здоров'я** (викиди забруднювальних речовин, шумове забруднення дорожньо-транспортні пригоди) тощо. Таким чином, набори просторових даних та тематика карт у муніципальних ГІС може бути досить різноманітною і може сприяти прийняттю управлінських рішень життєдіяльністю міста.

1.8.7. Міжнародні ініціативи з дослідження міст

Сучасна парадигма міського управління формується під значним впливом глобальних інституцій, серед яких ключову роль відіграє Програма Організації Об'єднаних Націй щодо населених пунктів. Ця інституція, відома як ООН-Хабітат, була заснована у 1978 році з метою реалізації стратегічного Порядку денного Хабітат. Діяльність організації спрямована на сприяння сталому розвитку громад через активну роз'яснювально-пропагандистську роботу, розробку ефективної муніципальної політики та постійне нарощування управлінського потенціалу. Головними пріоритетами програми визначено забезпечення належним житлом кожної людини та розбудову стійкого міського середовища, що здатне адаптуватися до сучасних викликів.

У межах своєї діяльності ООН-Хабітат впроваджує дві масштабні загальносвітові ініціативи, які визначають вектор розвитку сучасного міського господарства. Перша з них фокусується на вдосконаленні процесів управління, тоді як друга зосереджена на забезпеченні юридичних та соціальних гарантій володіння житлом для мешканців. Програма активно співпрацює з урядами країн, місцевими органами самоврядування, неурядовими організаціями та представниками приватного сектору, створюючи платформу для обміну досвідом та методиками ефективного лідерства. Таке партнерство дозволяє масштабувати успішні кейси на глобальному рівні та впроваджувати інноваційні підходи до вирішення локальних проблем.

Спектр проектів, що реалізуються під егідою Програми населених пунктів, охоплює критично важливі сфери міської життєдіяльності. До них належать ініціативи зі сталого розвитку міст, спеціалізовані проекти з покращення водопостачання, а також комплексні програми боротьби зі стихійними лихами та управління ризиками. Особливе значення має програма локалізації Порядку денного на двадцять перше століття, яка адаптує глобальні цілі екологічної та соціальної стабільності до конкретних потреб місцевих громад. Для забезпечення доказової бази управлінських рішень функціонує Центр з глобального моніторингу та статистики міст, який акумулює дані про стан урбанізованих територій по всьому світу.

Паралельно з ініціативами ООН вагомим інструментом підтримки муніципальних лідерів став Шанхайський посібник, створений у 2011 році за результатами Всесвітньої виставки в Китаї. Спочатку цей документ планувався як прикладне керівництво для мерів та міських менеджерів, що допомагало б їм орієнтуватися в питаннях сталого розвитку. З часом роль Посібника значно зросла, і сьогодні він виступає фундаментальним методичним ресурсом, який допомагає адміністраторам впроваджувати передові урбаністичні практики. Використання таких міжнародних

напрацювань дозволяє муніципалітетам інтегрувати глобальні стандарти сталого розвитку в архітектуру власних геоінформаційних систем та стратегій планування.

Інтеграція показників сталого розвитку в архітектуру муніципальних ГІС дозволяє перетворити теоретичні настанови ООН-Хабітат на практичний інструмент щоденного управління. Це реалізується через створення спеціалізованих моніторингових панелей (Dashboards), які в реальному часі відображають прогрес міста за ключовими глобальними індикаторами. Кожен такий показник, наприклад, рівень доступу населення до громадського транспорту чи відсоток відкритих зелених зон, стає окремим аналітичним шаром, що базується на точних геопросторових даних.

Процес впровадження таких панелей базується на автоматизованому зборі даних із різних міських підсистем та їхній агрегації відповідно до методології ООН. Використання ГІС дозволяє не просто бачити сухі статистичні цифри, а візуалізувати просторову нерівність усередині міста, виявляючи райони, які потребують першочергового інвестування для досягнення стандартів сталого розвитку. Наприклад, аналіз доступності житла у поєднанні з картами інфраструктури дозволяє муніципальним менеджерам приймати рішення, що безпосередньо відповідають вимогам Глобальної кампанії із забезпечення гарантій володіння житлом.

Окрім внутрішнього управління, такі моніторингові панелі виконують важливу комунікаційну функцію, оскільки вони можуть бути відкритими для громадськості. Це забезпечує прозорість діяльності мерії та дозволяє мешканцям бачити реальні результати впровадження Шанхайського посібника чи інших міжнародних стратегій. Таким чином, ГІС стає технологічним містком між глобальними ініціативами та локальними діями, перетворюючи статистику на зрозумілу карту пріоритетів розвитку громади.

1.8.8. Дослідження міст та урбаністичні ініціативи в Україні

Процес структурування міського простору в пострадянських країнах має власну специфіку, що унеможлиблює пряме копіювання закордонних підходів без адаптації до місцевого контексту. Історично головний інтерес до цієї теми виявляли архітектори та міські планувальники, які за визначенням виступали основними замовниками досліджень для географів і соціологів. Вагомим внеском у сучасну наукову дискусію стала монографія про урбаністичну Україну в епіцентрі просторових змін (*Мезенцев та ін., 2017*), у якій детально проаналізовано динаміку мережі міст, регіональні патерни та трансформації столичного простору разом із

особливостями субурбанізації (*Jackson, 1985*). Водночас Боброва та Вербицький (*2023*) з аналітичного центру CEDOS вказують на відсутність єдиної концептуалізації терміна «урбаністика» в Україні, оскільки він одночасно охоплює планування, дизайн, активізм та академічні студії, не маючи чітких інституційних меж.

Розвиток української урбаністики тісно пов'язаний із низовими громадськими ініціативами, що виникли як реакція на недостатнє обговорення містобудівних рішень. Важливу роль у формуванні міської інфраструктури відіграли такі об'єднання як Асоціація велосипедистів Києва, рух «Збережи старий Київ» та протести проти комерціалізації Гостинного двору чи вирубки дерев у Харкові. Паралельно з активізмом відбувалося становлення інституційного середовища завдяки діяльності Фонду імені Гайнріха Бьоля, Центру міської історії у Львові та архітектурного фестивалю CANactions, який згодом відкрив школу післядипломної урбаністичної освіти. У Львові ці процеси трансформувалися у створення профільних підрозділів міської ради та Інституту просторового розвитку, що опікуються комфортом публічних просторів.

Після 2014 року в Україні відбувся сплеск міського активізму в багатьох великих та середніх містах, що стимулювало появу нових освітніх програм в університетах та запуск спеціалізованих онлайн-курсів. Сучасний етап його розвитку характеризується активним використанням цифрових інструментів, зокрема геопорталів та веб-карт. Громадські ініціативи під час кризових ситуацій, як-от відключення електропостачання чи перебої з водою, супроводжувалися створенням інтерактивних мап для пошуку пунктів незламності та ресурсів життєзабезпечення, що продемонструвало високу адаптивність ІС-технологій до потреб безпеки мешканців.

Геопортали міст виступають нині ключовими цифровими платформами, які забезпечують прозорий доступ до геопросторових даних про інфраструктуру, містобудівну документацію та реєстри звернень громадян. Прикладами успішної реалізації таких систем є геопортали Львова, Харкова та Ковельської громади, де інтегровані шари про тимчасові споруди, рекламу та адресні реєстри підвищують ефективність муніципальних сервісів. Поряд із державними ресурсами значну роль відіграють комерційні проекти, такі як ЛУН Місто, чії інтерактивні карти укриттів та стану міського середовища дозволяють мешканцям самостійно наповнювати систему актуальною інформацією. Така синергія офіційних геопорталів та приватних ініціатив сприяє

впровадженню концепції цифрового міста, де просторові дані стають основою для прийняття зважених управлінських рішень та сталого розвитку.

Питання для самоперевірки знань:

1) Які саме властивості міста роблять його складним об'єктом моделювання та як цілісність міського організму забезпечується через функції управління?

2) Яку роль відіграє єдина термінологія та стандартизація геоданих у процесі побудови цифрової моделі міста для взаємодії різних муніципальних служб?

3) Яким чином використання біологічної метафори про скелет і нервову систему міста допомагає проектувальникам ГІС правильно структурувати ієрархію інформаційних шарів?

4) Чому концепція зворотного зв'язку в кібернетичній моделі міста є критично важливою для адаптації стратегічних планів розвитку до реальних змін у міському середовищі?

5) Які основні підсистеми міста обов'язково мають бути представлені в його інформаційній моделі для адекватного відображення зв'язків між трудовими ресурсами та містоутворювальними підприємствами?

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ МУНІЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ



*“Через містобудівні помилки Франція
втратила більше ніж у двох світових війнах”
Шарль де Голль, 1962 р.*

Існують різні підходи до управління міським простором - "Місто для роботи", "Місто для людей», "Місто мережа" - розглядають місто з погляду різних груп учасників і визначають основні пріоритети у плануванні та розвитку міського середовища.

"Місто для роботи": Цей підхід зосереджений на створенні сприятливих умов для розвитку бізнесу, промисловості та економічного зростання міста. Основні аспекти включають розвиток бізнес-інфраструктури, інноваційних кластерів, підтримку підприємництва та створення робочих місць. Одна з основних мет цього підходу - залучення інвестицій та стимулювання економічного розвитку міста.

"Місто для людей": Цей підхід акцентується на покращенні якості життя мешканців міста, створенні комфортного та затишного середовища. Основні аспекти включають розвиток зелених зон, пішохідних та велосипедної інфраструктури, створення громадських просторів, підтримку культурного життя, доступ до соціальних послуг, забезпечення безпеки та здоров'я мешканців. Головна мета цього підходу - забезпечення якісного життя та задоволення потреб мешканців міста.

"Місто мережа": Цей підхід акцентується на забезпеченні зв'язків та зручності переміщення в міському просторі. Основні аспекти включають розвиток транспортних мереж, зокрема громадського транспорту, створення "розумних" технологій та інфраструктури, що сприяє мобільності, підтримку сталого транспорту та зменшення автомобільної залежності. Головна мета цього підходу - створення зручних, доступних та ефективних транспортних систем для мешканців та бізнесу.

Важливо зазначити, що ці підходи можуть складати комплексну стратегію управління міським простором. Ідеальною ситуацією є

балансування між розвитком економіки, забезпеченням якості життя та створенням ефективної інфраструктури, що задовольняють потреби мешканців міста та сприяють його стійкому розвитку.

Управління не обмежується згаданими підходами а фахівці зазначають, що, наприклад, місто мільйонник є настільки складною системою що складається ситуація коли управлінцям доводиться реагувати на численні виклики, що виникають настільки часто, що виникає враження що місто управляє тобою.

2.1. ВИКЛИКИ ПОСТМОДЕРНУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МІСТАМИ



«Постмодерне місто — це територія, де ціле вже не дорівнює сумі його частин, а управління перетворюється на спробу приборкати хаос, який постійно змінює форму». — **Едвард Соджа (відомий теоретик постмодерної урбаністики)**

Суспільні трансформації в межах українських міст після 1991 року призвели до серйозних змін у розвитку внутрішньоміських процесів. Еволюціонують соціально-економічні функції, змінюються суспільні потреби до якості середовища, з'являються нові вимоги і засади просторового впорядкування міст (*Топчієв, 2005*). Наприкінці ХХ ст. уявлення про прийнятну організацію простору, філософський та культурний дискурс у світі докорінно змінилися. Епосі модерну на заміну прийшов постмодерн, який характеризується плюралізмом думок, еkleктикою, постіндустріальними економічними відносинами та візуальними засобами передачі інформації (*Лук'янець, Соболь, 2002*).

Цій епосі притаманний своєрідний спосіб мислення у сфері міського планування (*Garde, 2018*). Основна ідея полягає у відкиданні універсальних правил на користь різноманітності та індивідуальних перспектив. Саме за постмодернізму набуває розвитку децентралізація влади та участь місцевих спільнот у прийнятті рішень. Як зазначає Ірвінг (*Irving, 1993*), в епоху модерну мова йшла про масштабне містобудування

та технічну ефективність за принципом «менше — це більше». Постмодерністи ж перейшли до міського дизайну, де архітектори створюють колажі стилів у фрагментованому та різноманітному середовищі. Постмодерністські міста потребують мережевого управління та визнання полікультурності.

Нові теорії планування впровадили концепції інноваційних районів, що дозволяють розвивати бізнес і пріоритезувати інфраструктуру для покращення якості життя. Практика планування включила зміни для вирішення проблеми глобальної зміни клімату, наприклад, запровадження плати за затори в Лондоні. Дослідники виділяють наступні тенденції, що стають орієнтирами для геоінформаційних моделей:

- **Стійкі міста (Resilient Cities)** здатні швидко відновлюватися після криз. В основі лежить стійкість інфраструктури та використання відновлюваних джерел енергії (*Carlson et al., 2012*). Прикладом є Копенгаген, що прагне досягти вуглецевої нейтральності до 2025 року.

- **Міська екосистема (Urban Ecosystem)** розглядає місто як цілісний організм, де люди, будівлі та рослинність взаємодіють між собою. Це потребує стратегій управління, де ГІС та штучний інтелект є засобами підтримки рішень.

- **Циклічна економіка (Circular Economy)** орієнтована на мінімізацію відходів та повторне використання ресурсів, на відміну від лінійної моделі споживання.

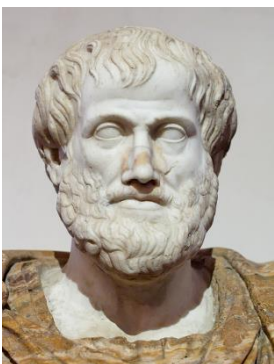
- **Субурбанізація** проявляється у розмитості меж міста та зростанні передмість із низькою щільністю забудови й гомогенністю соціального статусу, що характерно для США, ЄС та сучасних котеджних містечок в Україні.

- **Джентрифікація (Gentrification)** означає витіснення бідніших верств населення середнім класом у внутрішніх районах міст. Вона пов'язана з конверсією старих промислових зон у престижні публічні простори, зелені зони та модні квартали (*Smith & Williams, 1986*).

Перехід від модерністської парадигми до постмодерну докорінно змінив пріоритети муніципального управління, змістивши фокус із масштабного технічного планування на гнучкий міський дизайн та мережеву взаємодію стейкхолдерів (*Gomez, & Jones, 2010*). Сучасне місто більше не сприймається як статичний набір споруд, а розглядається як складна екосистема, що потребує інтелектуальних інструментів моніторингу для забезпечення стійкості (resilience) та циклічності ресурсів. Глобальні процеси субурбанізації та джентрифікації створюють

нові просторові конфлікти ([Hutchison, 1992](#)), вирішення яких вимагає від муніципалітетів переходу до управління на основі геопросторових даних, де ГІС-моделі стають цифровим фундаментом для підтримки балансу між економічним розвитком та екологічною безпекою.

2.2. ІСТОРІЯ І СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ МІСЬКОГО УПРАВЛІННЯ



«Мистецтво управління містом народилося тоді, коли люди зрозуміли, що спільна безпека та блага важливіші за індивідуальну волю». — Арістотель (за змістом «Політики»).

Термін **муніципалітет** походить від назви давньоримського суспільного договору **муніципій** (лат. *municipium*, від *munia* — «обов'язки» і *capio* — «приймаю»), що позначав спільноти, які постачали Рим військами в обмін на власне включення до складу Римської держави (що надавало римське громадянство жителям), при цьому зберігаючи власні органи місцевого управління (обмежена автономія).

Нині термін **Муніципалітет** (англ. *municipality*, фр. *municipalité*) — це адміністративно-територіальна одиниця (місто, селище, район) або орган місцевого самоврядування, що володіє визначеною юридичною автономією та повноваженнями для управління місцевими справами у межах своєї території ([Юридична енциклопедія, 2001](#)). Розрізняють:

- власне муніципалітети у США, Канаді, Бразилії, Аргентині тощо;
- комуни у Франції, Італії, Бельгії, Молдові, Чилі тощо;
- територіальні громади України.

Територія муніципалітету може містити:

- лише одне поселення (наприклад, міста Київ та Нью-Йорк);
- декілька поселень (наприклад, більшість територіальних громад в Україні утворених у 2020 році);
- лише частини поселень (наприклад, комуни Сантьяго).

Муніципалітети можуть мати різний політичний статус: від незалежної держави, такої як Князівство Монако, до невеликого селища, такого як Вест-Гемптон-Дюнс (Нью-Йорк).

Зрозуміло що для завдань управління цими територіями потрібно мати доступ до різноманітної інформації більша частина якої відноситься просторових об'єктів отже є ефективним використання ГІС.

Отже **«Муніципальна ГІС — це ГІС, що підвищує ефективність управління інфраструктурою міста».**

Ярослав Смірнов справедливо зазначає, що *«Муніципальна ГІС (МГІС) — комплекс методологічних, організаційних, програмних, технічних і інформаційних засобів, покликаних підвищити ефективність управління інфраструктурою міста на основі застосування новітніх інформаційних технологій» (Смірнов, 2016).*

До задач **муніципальних геоінформаційних систем** слід віднести такі:

1. Збирання та зберігання даних про територію муніципалітету (природні та суспільні умови та ресурси);
2. Аналіз, упорядкування та перетворення просторових даних для завдань широкого кола користувачів;
3. Підтримка прийняття рішень на основі структурованої просторової інформації.

Термін **«ГІС міста (city GIS)»** (Смірнов, 2016) має значно ширше тлумачення. Такі системи вміщують інформацію про транспорт, інженерні мережі, ділянки доріг та будинки, що будуються або знаходяться на реконструкції, точки доступу до мережі Wi-Fi, програми розвитку території міста озеленення та охорони природи, що є цікавими насамперед для громадян міста, а не його керівництва».

Відповідальність за управління цими територіями покладена на **органи місцевого самоврядування** представницькі та виконавчі.

Серед найважливіших ознак органів місцевого самоврядування виділяють їх **правову, організаційну, матеріальну та фінансову автономію**.

Правова автономія означає, тенденцію коли органи місцевого самоврядування наділені своїми власними повноваженнями, передбаченими законодавством.

Організаційна автономія органів місцевого самоврядування проявляється в їх можливості самостійно визначати та будувати свою внутрішню структуру для того, щоб вона відповідала місцевим потребам та забезпечувала ефективне управління.

Матеріальна та фінансова автономія органів місцевого самоврядування проявляється в їх праві володіти і розпоряджатися коштами і майном для здійснення своїх функцій та повноважень.

Саме автономія органів місцевого самоврядування і зумовлює важливість обґрунтованого прийняття рішень в межах територій їхньої відповідальності. Для цього необхідно зібрати та впорядкувати інформацію про територію. Для цього і варто використовувати муніципальну ГІС.

На хід управління містом накладає відбиток модель організації муніципалітету притаманні різним моделям суспільного устрою.

Ієрархічна модель - у цьому типі організації муніципалітету рішення приймаються на верхньому рівні та передаються вниз для виконання. Наприклад, у такій організації муніципалітету рішення можуть прийматися мером та його командою, а потім передаватися главам відділів для виконання.

Децентралізована модель - у цьому типі організації муніципалітету рішення приймаються на нижчому рівні і можуть бути виконані дома. Наприклад, у децентралізованій організації муніципалітету глави відділів можуть мати велику міру свободи у прийнятті рішень.

Мережева модель - у цьому типі організації муніципалітету рішення ухвалюються у співпраці з іншими організаціями, такими як НКО чи бізнес-спільнотою. Наприклад, муніципалітет може працювати з місцевими НКО для покращення стану середовища або з бізнес-спільнотою для залучення інвестицій.

Адхократична модель - це тип управлінської культури муніципалітету, у якому рішення приймаються з урахуванням поточних обставин, а не з урахуванням суворої структури чи процедур. Максим Єнін ([Єнін, 2023](#)) наводить визначення **адхократії** або **адхократії** (від лат. ad hoc — для цього, для певного випадку, для конкретної мети та грец. κράτος — сила, влада), — як самоврядної організаційної структури горизонтального (не ієрархічного) типу, зокрема відкрите, гнучке, творче підприємство з високим ступенем свободи в діях співробітників і переважно неформальним характером їх соціальної взаємодії. При подоланні наслідків надзвичайних ситуацій, таких як стихійні лиха, адхократична культура управління може бути ефективнішою, ніж жорстка управлінська структура.

Говорячи про сучасні технології, що допомагають приймати управлінські рішення для міського управління слід назвати **інтелектуальні транспортні системи**, аналіз великих обсягів даних (Big

Data), створення «інтерфейсу міста» (*de Waal, 2014*) та концепція «розумного» міста (*Joshi et al, 2016*), надають можливість ефективного управління містом.

Мартін де Ваал (*de Waal, 2014*) пояснює роль **цифрових медіа** в міському житті у своїй книзі «Місто як інтерфейс. Як нові медіа змінюють місто». Ним представлено огляд підходів і сценаріїв до розуміння, розвитку якого суспільства (лібертаріанського, республіканського чи комунітарного²), можуть сприяти цифрові медіа. Далі він веде мову про те, що медіа-інструменти можуть слугувати маркерами досвіду, і, в той же час, впливати на досвід міської території): «...міська громадська сфера більше не може розглядатися як суто фізична конструкція». Автор веде мову про важливі нові способи, за допомогою яких мешканці міст об'єднуються, помічають одне одного та формують міську спільноту...».

Автор (*de Waal, 2014*) наголошує на важливості створення умов, коли міська публічна сфера формує міське життя, так само, як це завжди робили фізична інфраструктура та міське планування.

В цьому контексті картографічна візуалізація на основі ГІС стає ще більш важливим інструментом аналізу міських даних та популяризації рішень міської влади у вигляді карт та інфографіки.

2.2.1. Місцеве самоуправління



«Муниципальні інститути становлять силу вільних народів. Місто — це початкова школа свободи; воно дає народу відчуття смаку свободи та вчить користуватися нею». — Алексіс де Токвіль - французький політичний діяч

Поняття «**муниципальне право**» походить від «муниципалітет», а останнє, в свою чергу, від лат. *municipium* — самоврядна громада. Конституція України не вживає терміну «муниципалітет»,

² Комунітаризм – це філософія, яка наголошує на зв'язку між особистістю та суспільством, віра в те, що соціальна ідентичність і особистість людини значною мірою формуються стосунками в суспільстві людей у певному місці (географічне розташування) або між спільнотою, яка поділяє інтереси або які поділіться історією (*Avineri and de-Shalit, 1992*)

використовуючи замість нього поняття «місцеве самоврядування» і «комунальна власність».

Муніципальне право (Любченко, 2019) — це комплексна галузь права, яка становить собою сукупність правових норм, що регулюють суспільні відносини, які складаються в процесі організації та функціонування місцевого самоврядування, а також реалізації форм безпосередньої демократії щодо вирішення питань місцевого значення.

Синонімами термін «муніципальне право» в різних країнах є «комунальне право» або «локальна демократія».

Предметом муніципального права є **місцеве самоврядування** як відносно самостійний вид суспільних відносин, пов'язаних з організацією і здійсненням влади територіальними громадами.

Предметом муніципального права в зарубіжних країнах є суспільні відносини трьох видів: а) між громадянами, їх об'єднаннями та іншими суб'єктами місцевого самоврядування; б) між органами та посадовими особами всередині системи місцевого самоврядування; в) між суб'єктами місцевого самоврядування та органами й посадовими особами державної влади, органами територіальної автономії тощо (Любченко, 2019). До предмета муніципального права також відносять фінансові, цивільні, земельні, соціальні, трудові, житлові та інші відносини, що є дискусійним.

Систему муніципального права складають його інститути і норми. З переліку **інститутів** муніципального права для завдань прийняття управлінських рішень на нашу думку важливим є наступні інститути:

1. інститут органів **самоорганізації** населення;
2. інститут **територіальних основ** місцевого самоврядування;
3. інститут **комунальної власності**;
4. інститут **фінансових основ** місцевого самоврядування;
5. інститут юридичної **відповідальності** органів і посадових осіб системи місцевого самоврядування

Муніципально-правові норми – це загальнообов'язкові правила поведінки, які мають публічно-владний характер, містяться в джерелах муніципального права (Конституцією України, Законом України "Про місцеве самоврядування в Україні" від 21 травня 1997 р., іншими нормативно-правовими актами, міжнародно-правовими актами в галузі місцевого самоврядування, нормативно-правовими договорами), регулюють правові відносини, встановлюються або санкціонуються народом, державою, територіальними громадами органами або посадовими особами місцевого самоврядування та забезпечуються державними засобами гарантування (Любченко, 2019: 26).

На нашу думку мета застосування муніципального права передбачає регулювання відносин на рівні муніципалітету, зокрема, вирішення спорів, досягнення компромісів, узгодження точок зору різних стейкхолдерів.

Для досягнення прозорості прийнятті рішень, що відносяться до компетенцій громад, Законом України "Про місцеве самоврядування в Україні" передбачено оприлюднення у мережі Інтернет геопросторових даних та метаданих, що створені за рахунок коштів місцевого бюджету, коштів міжнародної технічної допомоги та передані органу місцевого самоврядування.

Інформування громадян про рішення в сфері власності, відведення земель, зміни їх цільового використання доцільно здійснювати формі карт та інших геозображень розміщених на геопорталах в мережі Інтернет. Технічні аспекти реалізації такої задачі цілком знаходиться в сфері фахівців з муніципальних ГІС.

2.2.2 Партисипативне управління містами

Створення ГІС громад дозволяє не тільки виконати вимоги законодавства і оприлюднити просторові дані в мережі Інтернет але і сприяти залученню представників громади до процесу управління територією населених пунктів та громад. Поширення мобільних платформ, соціальних мереж та використання геоаплікацій дозволяє мешканцям збирати, аналізувати та інтерпретувати просторові дані щодо проблем та конфліктів на певній території (вивезення сміття, незаконне будівництво, поширення інвазивних видів флори тощо).

Термін «партисипативний» походить від англійського «*participate*» що означає брати участь. Таким чином, **партисипативне управління** - це стратегія яка акцентує увагу на активній участі мешканців у прийнятті рішень та використанні геосервісів та мобільних геоаплікацій для збору, аналізу та використання геоданих. Цей підхід стимулює залучення громади до розроблення та реалізації стратегій управління містом, забезпечуючи їм доступ до інформації та інструментів аналізу для спільного прийняття рішень.

Запровадження партисипативного управління містами містить наступні кроки:

1. Використання активними громадянами геосервісів та мобільних геоаплікацій для збору різноманітних геоданих, таких як дані про

транспортні потоки, розміщення об'єктів інфраструктури, екологічні показники тощо.

2. Використання веб порталів для візуалізації зібраних даних на картах для зручного сприйняття та ретельного аналізу прийняття рішень.

3. Участь громадян у розробці рішень щодо управління містом, включаючи планування зелених зон, оптимізацію транспортних маршрутів, управління енергоефективністю та інше. Для цього може бути використані, наприклад, інструмент онлайн петицій.

4. Моніторинг та оцінювання реалізації прийнятих рішень та оцінки їх ефективності за допомогою геоданих.

Загалом, впровадження партисипативного управління містами дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень у міському середовищі, забезпечуючи зручний доступ до геоданих та інструментів аналізу для міських урядів, громадян та бізнесу. Нижче наведено приклади карт які можуть бути використані громадянами для покращення утилізації відходів в місті Київ (рис. 2.12).

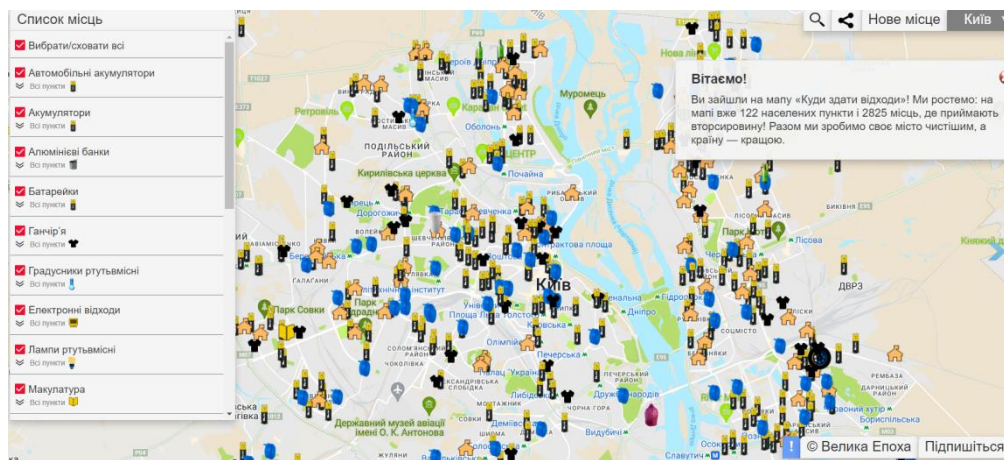


Рис. 2.12. Інтерактивна карта «Куди здати відходи»!

<https://www.epochtimes.com.ua/maps/recycle/kyiv.php>

Партисипативне управління, яке виявляється у взаємодії з органами влади шляхом надсилання запитів та моніторингу дій комунальних підприємств дозволяє контролювати місцеву владу та вносити пропозиції щодо оздоровлення середовища міст.

2.3 ЦІЛІ, ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ МІСТ



«Місто — це занадто складна система, щоб керувати нею навпомацьки. Моделювання — це наші окуляри, які дозволяють побачити невидимі зв'язки між транспортом, житлом та екологією». — Майкл Бетті (британський географ, урбаніст, автор «The Science of Cities»).

Розпочинаючи аналіз ролі ГІС у муніципальному секторі, необхідно передусім узгодити понятійно-термінологічний апарат, де центральною категорією виступає управління як фундаментальна функція високовпорядкованих систем. Згідно з відомими визначеннями ([Шинкарук, 2002](#)), **управління** забезпечує структурну цілісність суспільних, біологічних чи технічних систем, підтримуючи заданий режим їхньої діяльності та реалізуючи програму досягнення визначеної мети. У контексті цифрових трансформацій цей процес слід розглядати як трансформацію інформації у конкретну дію, де формування керуючих сигналів безпосередньо спрямовує функціонування складних міських структур.

У практичній площині управлінська діяльність реалізується через **менеджмент**, який охоплює планування, організацію, мотивацію та контроль людських, фінансових і матеріальних ресурсів. Специфіка міського менеджменту ([Lai, 2020](#)) полягає у застосуванні сучасної системної науки для регулювання життєдіяльності міст, що дозволяє комплексно вирішувати як фізичні, так і нефізичні проблеми задля якісного покращення населених пунктів. ГІС у цьому процесі виступає технологічним ядром, що інтегрує дані про ресурси та цілі в єдиному просторовому вимірі.

Теоретичним підґрунтям такого підходу є **кібернетика** — міждисциплінарна наука про дослідження цифрових, механічних або біологічних регульованих систем. З моменту свого виникнення у 1940-х роках класична кібернетика еволюціонувала в кібернетику спостережень ([Glanville, 2007](#)), яка акцентує увагу на принципах навчання та комунікації всередині системи. Для муніципального управління це означає перехід до адаптивних моделей ГІС, які не просто відображають стан об'єктів, а

стають інструментом постійного зворотного зв'язку між міською владою, інфраструктурою та мешканцями.

Впровадження принципів кібернетики в муніципальне управління трансформує ГІС із простого сховища карт у динамічну **систему зі зворотним зв'язком** (Feedback Loop), де місто розглядається як живий організм, що постійно генерує сигнали про свій стан. У такій моделі сенсори, мобільні додатки мешканців та системи моніторингу виступають у ролі рецепторів, які передають первинну інформацію до аналітичного ядра ГІС для обробки та порівняння із заданими параметрами сталого розвитку. Це дозволяє муніципальному менеджменту не просто констатувати факти, а оперативно коригувати управлінські сигнали, спрямовані на стабілізацію міських процесів, будь то регулювання трафіку в реальному часі чи зміна графіків вивозу сміття залежно від наповненості баків.

Важливою рисою сучасної кібернетики у міському контексті є те, що зворотний зв'язок перестає бути суто технічним і стає соціально-технічним, де реакція громади на прийняті рішення стає новим вхідним сигналом для системи. Коли мешканці через геопортали оцінюють результати реконструкції вулиці або повідомляють про якість освітлення, вони замикають цикл управління, дозволяючи системі «вчитися» та адаптуватися до реальних потреб населення. Таким чином, ГІС реалізує головну функцію високоорганізованих систем — підтримання структурної цілісності міста через постійну комунікацію та обмін даними, що мінімізує хаос і забезпечує ефективну реалізацію стратегічних цілей громади.

Згідно з початковим значенням слова «керувати, орієнтуватися або управляти», кібернетика може бути застосована для вивчення дизайну та функціонування міста (*Rönkkö et al 2018*). Заслугує на увагу кібернетичний підхід при якому громадяни не являються пасивними акторами а оцінюють, рекомендують, інтерпретують і діляться досвідом; надсилають відгуки; беруть активну участь у створенні розумного міста. Вони брати участь у кібернетичному керуванні міським простором шляхом генерування даних про місцезнаходження та діяльність, уподобання чи навіть настроїв (*Rönkkö et al 2018*).

Мешканці, натомість, отримують інформацію про міську динаміку та, можуть оптимізують свою особисту поведінку (наприклад, залишаючи власну машину вдома у випадку заторів).

ГІС в управлінні містом як складною системою має узгоджувати інтереси та вирішувати проблеми багатьох учасників (стейкхолдерів) міського управління (рис. 2.13).

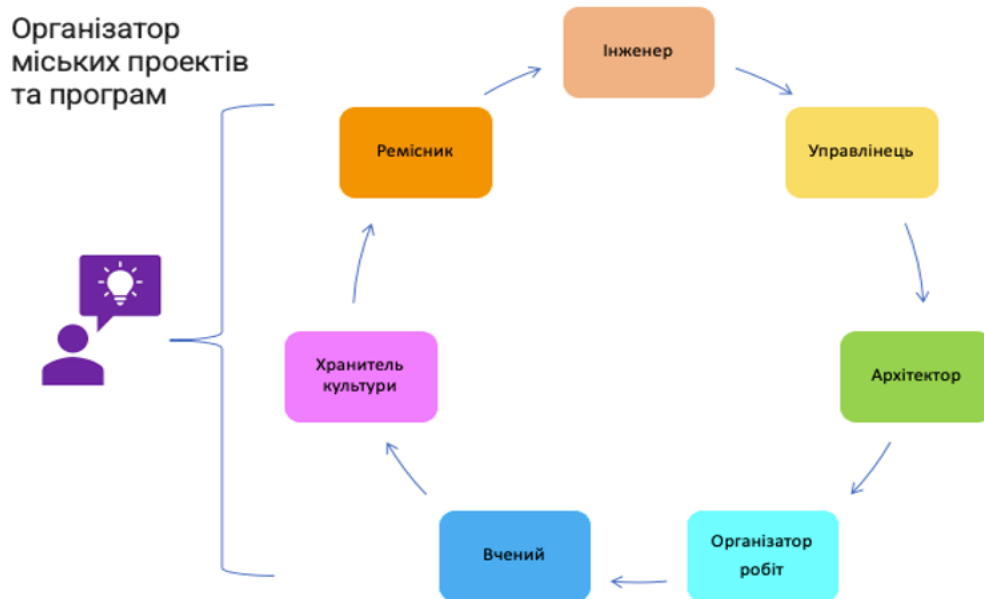


Рис. 2.13. Підходи до уявлення про міста (Никитин, Никитина, 2000).

Міські владні органи - мерія, міська рада, відділи міського управління, служба з попередження і подолання наслідків надзвичайних ситуацій, кримінальна поліція тощо.

Громадські організації та неприбуткові організації - ті, що представляють інтереси різних соціальних груп (наприклад, молоді, інвалідів, пенсіонерів тощо), а також неприбуткові організації, що працюють у сферах культури, спорту, освіти, охорони здоров'я та інших сферах.

Бізнес-спільнота - підприємства, що діють в місті, підприємці, торгові палати та інші комерційні організації.

Мешканці міста - жителі міста, включаючи групи з різними інтересами, потребами та проблемами.

Науковці та експерти - дослідники, університетські викладачі, архітектори, інженери, географи та інші фахівці, які мають великий досвід у відповідних галузях та можуть надати кваліфіковану допомогу в управлінні містом.

Важливу роль покладено на організатора міських проєктів та програм саме він дозволяє узгодити різні погляди на низьку не місто і виробити стратегію розвитку міської території.

Цілі та завдання геоінформаційного моделювання міст можуть бути досить різноманітними в залежності від мети конкретного проекту та завдань що планується вирішити. Однак, деякі загальні цілі та завдання геоінформаційного моделювання (ГМ) міст можуть включати такі:

1. Оптимізація планування міста: ГМ може допомогти планувальникам міста визначити оптимальні місця для будівництва нових інфраструктурних об'єктів та розташування житлових районів і прогнозування розвитку міста на майбутнє. Аналізуючи дані про населення, економіку, демографію та інші параметри, можна прогнозувати потреби міста у різних інфраструктурних об'єктах та ресурсах (водопостачання, відведення стоків, дорожні мережі, громадський транспорт тощо).

2. Покращення управління містом: ГМ може допомогти управлінцям виявити ефективні шляхи управління містом та раціонального використання його ресурсів. Наприклад, аналізуючи дані про енергоспоживання міста, можна виявити енергоефективність різних будівель та знайти шляхи зменшення споживання енергії в місті вирішувати різні проблеми, такі як забруднення повітря, транспортні затори та інші екологічні та транспортні проблеми.

3. Підвищення якості життя мешканців ГМ може допомогти покращити якість життя мешканців міста, зокрема, шляхом вирішення проблем забруднення довкілля, зменшення транспортних заторів, безпеку міста, підвищення рівня безпеки на дорогах, поліпшення громадського транспорту та інших параметрів.

Тепер відзначимо важливість розроблення методології управління містом, що вміщує розроблення стратегій розвитку, планування та координацію робіт зі збереження природних та культурних ресурсів, впровадження містобудівних проектів, розвитку інфраструктури та комунікацій, забезпечення якості життя мешканців, здійснення місцевого самоврядування та багато іншого.

Методологія, визначається (*Herrman, 2009*) як концептуальна структура, яка використовується для аналізу та/або організації даних, з яких можна виділити або обґрунтовано вивести загальний принцип в аналізі, який може розвинути або перевірити теоретичні постулати.

Також термін «**методологія**» використовується для назви розділу логіки, що розглядає загальні принципи формування знання.

В широкому сенсі **методологія** це вчення про організацію будь якої діяльності. Таке визначення однозначно прояснює і предмет методології – організацію діяльності.

Створення ГІС міста вочевидь слід віднести до емпіричного або заснованого на досвіді пізнання. Основною метою її розроблення є створення інструментарію для збирання та аналізу даних що допоможуть зрозуміти як місто функціонує в різних вимірах (життєзабезпечення мешканців, соціальному, економічному, політичному, культурному тощо).

В емпіричному пізнанні відображаються зовнішні зв'язки і прояви об'єкта, досяжні для живого споглядання. Емпіричним називають наукове знання, одержане на основі спостереження і експерименту, їх результати фіксуються органами чуттів або приладами, що їх замінюють, і дають уявлення про властивості і відношення досліджуваних явищ (*Зацерковний та ін, 2020*).

Ведучи мову про організацію муніципальної геоінформаційної системи слід згадати книгу «Думаючи про ГІС» де Роджер Томлінсон (*Tomlinson, 2011*) представляє десятиступеневу методологію планування ГІС. На основі праць Роджера Томлінсона та подальшої систематизації Г'ю Калкінса, (*Tomlinson et al, 1976*). перша спеціалізована методологія проектування ГІС, представлена ще у 1972 році, заклала фундаментальні принципи розробки муніципальних систем. Ця модель базується на традиційній лінійній структурі «водоспаду» (waterfall model) і складається з чотирьох послідовних стадій, кожна з яких критично важлива для успішного впровадження системи (Додаток В).

Перша стадія зосереджена на глибокому **аналізі візії та стратегічних цілей проекту**. Процес розпочинається з чіткого визначення функціональних потреб організації, після чого відбувається ідентифікація необхідних наборів даних. Завершується цей етап формуванням детальних технічних специфікацій цільової системи. Важливою особливістю цієї стадії є наявність механізму зворотного зв'язку, який дозволяє повернутися до початку проектування для порівняння отриманих специфікацій із початковими цілями та вимогами, забезпечуючи внутрішню несуперечність проекту.

Друга стадія методології є ключовим відхиленням від класичної моделі «водоспаду», оскільки вона фокусується на **діагностиці поточного стану організації**. Тут аналізуються наявні апаратні та програмні ресурси, а також внутрішня культура та структура муніципалітету. Такий підхід дозволяє тверезо оцінити реальні ресурси та обмеження, з якими зіткнеться ГІС-проект, ще до початку його технічної реалізації.

На третій стадії відбувається **зіставлення системних специфікацій, розроблених на першому етапі, з ресурсами та обмеженнями**, виявленими на другому. На основі цього порівняння вносяться необхідні корективи до початкового проекту та формується переглянутий дизайн системи. Особливої уваги заслуговує крок, присвячений опису потреб у навчанні користувачів, який часто ігнорується в сучасних проектах, але є критичним для адаптації системи в робочий процес. Оцінка політичних та правових наслідків впровадження на цьому етапі підтверджує, що врахування організаційного контексту є невід'ємною частиною проектування ГІС з моменту появи перших професійних методологій.

На завершальній четвертій стадії проводиться **фінальна оцінка проекту**, що включає аналіз співвідношення витрат і вигод (Cost-Benefit Analysis), а також загальну перевірку готовності плану впровадження до реалізації в муніципальному середовищі.

В додатку А наведено детальний чек-лист для проведення **Технологічного воркшопу (Етап 3 за методологією Р. Томлінсона)**. Він розроблений для модератора зустрічі, де збираються представники різних підрозділів (архітектури, ЖКГ, транспорту, земельних ресурсів). Очікуваний результат такого воркшопу заповнений протокол, який ляже в основу **Технічного завдання та Опису інформаційних продуктів**.

Також наводимо приклад заповнення шаблону для **Опису інформаційного продукту** згідно з методологією Р. Томлінсона (додаток Б). Цей документ є містком між технічними можливостями ГІС та реальними потребами управлінців.

Типові помилки на етапі впровадження ГІС часто перетворюють дорогу систему на «красиву картинку» замість ефективного робочого інструменту, що зазвичай починається з відсутності єдиного ідентифікатора об'єктів. Коли різні служби використовують власні формати запису адрес або номерів будинків, автоматичне об'єднання даних водоканалу, енергомереж та інших відомств стає неможливим, руйнуючи цілісність міської бази знань. Ситуацію погіршує стратегічна помилка оцифрування «всього і одразу», коли муніципалітет намагається внести в систему всі наявні дані замість фокусування на одному якісному продукті, що неминуче призводить до розпилення обмежених ресурсів та повної зупинки проекту.

Важливим фактором ризику є ігнорування польової верифікації, оскільки сліпа довіра до архівних паперових планів без перевірки реального стану на місцевості призводить до того, що цифрова модель відображає неіснуючі об'єкти, а це миттєво дискредитує систему в очах

інженерів-практиків. Навіть технічно досконала система швидко стає марною через відсутність чіткого регламенту оновлення, адже без персональної відповідальності за актуалізацію даних ГІС, створена як разовий проект, втрачає свою актуальність уже за кілька місяців.

Ефективність управління також знижується через замкненість даних усередині одного департаменту, коли ГІС розробляється виключно для потреб, наприклад, архітектури, позбавляючи транспортників чи екологів доступу до необхідної інформації та руйнуючи можливість міжвідомчої синергії. Наостанок, процес впровадження часто гальмують завищені вимоги до точності на початкових етапах, оскільки прагнення досягти «міліметрової» деталізації там, де цілком достатньо метрової, невиправдано здорожує проект у десятки разів і відтерміновує запуск критично важливих сервісів для громади.

Щоб муніципальна ГІС не перетворилася на статичний архів, керівнику профільного відділу необхідно впровадити **низку адміністративних та технічних запобіжників**, першим з яких є утвердження єдиного адресного реєстру як «золотого стандарту». Видання розпорядження, згідно з яким жоден об'єкт не може бути внесений до бази даних без прив'язки до офіційного ідентифікатора з цього реєстру, дозволяє автоматично вирішити проблему синхронізації інформації між різними департаментами. Паралельно має діяти принцип «цифрове за замовчуванням», закріплений на рівні міської ради як обов'язкова вимога до забудовників та підрядників подавати виконавчу документацію виключно в обмінних цифрових форматах, як-от GeoJSON, IFC для BIM або валідні Shape-файли, що є необхідною умовою для прийняття об'єктів в експлуатацію.

Важливим кроком є створення чіткої **матриці відповідальності** за шари даних, де за кожним інформаційним планом — від доріг до мереж освітлення — закріплюється конкретна посадова особа в профільному департаменті, відповідальна за достовірність та актуальність інформації. Замість спроб глобального охоплення варто обрати **шлях етапності**, розпочавши з реалізації одного-двох проектів «швидких перемог», наприклад, створення інтерактивної карти розкопок або реєстру рекламних конструкцій, що вже за кілька місяців продемонструє керівництву міста реальну практичну користь системи.

Точність системи суттєво підвищується завдяки автоматизації збору даних, що передбачає налаштування імпорту інформації з систем GPS-моніторингу транспорту (*Couclelis, 2009*) датчиків IoT та сервісів звернень громадян, мінімізуючи людський фактор у процесі оновлення координат.

Наостанок, дієвим інструментом контролю стає **публічність**, адже відкриття частини некритичних даних для мешканців через міський геопортал стимулює профільні служби прискіпливіше стежити за якістю наповнення ГІС, оскільки будь-яка неточність миттєво стає видимою для громади та активістів.

Питання для самоперевірки знань

1. Яка головна відмінність між моделюванням міста як статичного набору об'єктів (інвентаризація) та моделюванням як динамічної системи (прогнозування процесів)?

2. Чому підхід міської адміністрації до моделювання (мінімізація витрат на інфраструктуру) може суперечити підходам девелоперів (максимізація щільності забудови) та мешканців (комфортне середовище)?

3. У яких випадках для моделювання міського трафіку доцільніше використовувати мікроскопічні моделі (поведінка кожного авто), а коли — макроскопічні (загальні потоки по районах)?

4. Чим концепція цифрового двійника міста як інструменту управління відрізняється від звичайної тривимірної візуалізації міського ландшафту?

5. Чому для прийняття стратегічних рішень стейкхолдерам важливо мати доступ до метаданих та артефактів моделі, а не лише до фінальної карти-результату?

РОЗДІЛ 3. АРХІТЕКТУРА ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ МУНІЦИПАЛЬНИХ ГІС



«ГІС — це не просто програмне забезпечення. Це спосіб мислення, де архітектура даних стає мовою спілкування між містом та його мешканцями». —

Роджер Томлінсон

Сучасні географічні інформаційні системи перетворилися на фундаментальний інструмент аналізу суспільних, політичних та природних взаємодій. Проте в історії розвитку ГІС спостерігається певна тенденція до «відчуження» алгоритмів від кінцевого користувача: систему часто сприймають як «чорну скриньку», де на вході маємо сирі просторові дані, а на виході — лише готові яскраві геозображення (Xiao, 2016). Цей розділ спрямований на детальне дослідження архітектури, методів та алгоритмів реалізації ГІС, що є критично важливими для ефективного муніципального управління.

Особливу роль у проектуванні міських просторів відіграє «картографічний поворот» (Lévy et al., 2015). Карти нині розглядаються не лише як пасивне відображення існуючої дійсності, а й як активні творці нових просторів, що визначає домінуючу роль картографічної складової у містобудуванні. Сучасна геоматика прагне уникнути дублювання інформації через створення **інфраструктур геопросторових даних (ІГД)**. Вони об'єднують геодані, метадані та інтерактивні інструменти в єдину структуру для гнучкого використання інформації. Для користувачів ІГД втілюється у зручних геопорталах із сервісами пошуку та маршрутизації, а для розробників — у серверах із чіткими правилами дистрибуції даних.

В Україні розвиток цього напрямку регулюється Законом «Про національну інфраструктуру геопросторових даних». Закон зобов'язує органи виконавчої влади, місцеве самоврядування та суб'єктів природних монополій оприлюднювати геопросторові дані та метадані на своїх офіційних ресурсах і відображати їх через національний геопортал.

Важливо підкреслити, що за неоприлюднення такої інформації посадові особи несуть адміністративну відповідальність, що стимулює прозорість управління територіями.

Реалізація цих норм тісно пов'язана із Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель» (2021). Нова законодавча база суттєво спрощує шлях від інвестиційного задуму до будівництва. Замість тривалого розроблення численних видів документації із землеустрою та містобудування, громадам тепер достатньо розробити єдиний **Комплексний план просторового розвитку території територіальної громади** (рис. 3. 1). Такий план базується на обов'язковому використанні ГІС-технологій, залишаючи розробку генеральних або детальних планів лише для окремих специфічних випадків (Богачова та ін., 2021). Це створює умови для переходу до повністю цифрового та інтегрованого управління муніципальним розвитком.

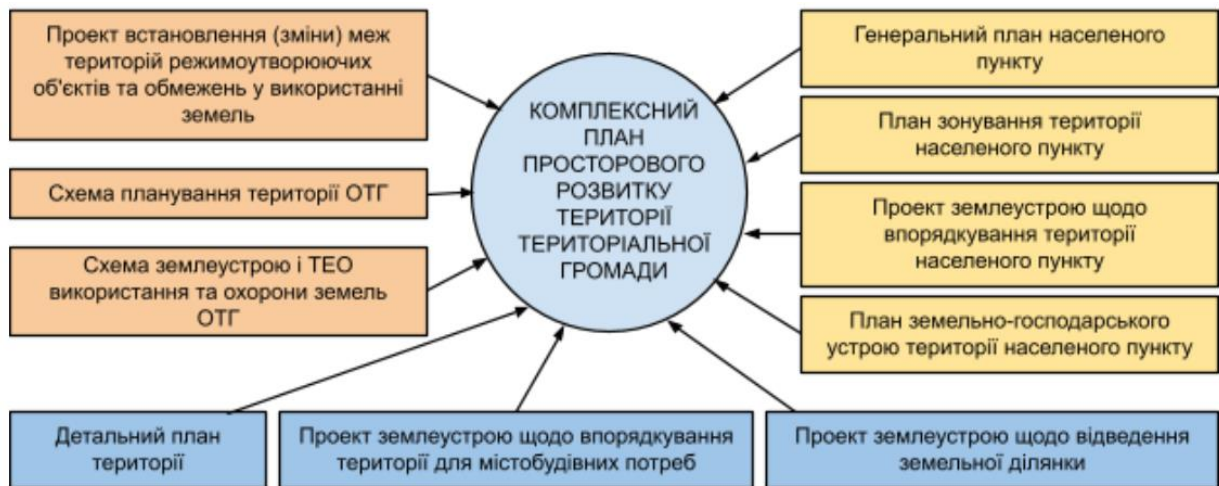


Рис. 3.1. Структура комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади (Богачова та ін., 2021)

В Україні нині здійснюється пілотне впровадження вимог Закону України "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель" (Богачова та ін., 2021). Зокрема, у Роганській та Пісочинській територіальних громадах Харківського району Харківської області.

Отже створення МГІС для різних є важливим засобом упорядкування і оприлюднення у мережі Інтернет **геопросторових даних та метаданих**, передбачених законодавством.

3.1 ІНФРАСТРУКТУРИ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ТА МУНІЦИПАЛЬНІ ГІС



«Я бачу майбутнє, де дитина в будь-якій частині світу зможе взаємодіяти з тривимірною цифровою моделлю Землі, отримуючи доступ до величезних обсягів наукових та культурних даних, щоб зрозуміти взаємозв'язок між людською діяльністю та навколишнім середовищем». — Альберт Гор, промова «Цифрова Земля», 1998 р.

Говорячи про міські дані важко знайти чітко формулювання визначення, що вони собою являють. Ці дані дуже різноманітні. Нині в соціальних мережах, книгах, атласах, статтях можна побачити приклади, карт, космічних знімків та інших геозображень що стосуються міста, його інфраструктури, господарства, населення, екологічної ситуації тощо.

Для того, щоб забезпечити ефективність використання просторових даних, уникнути їх дублювання та забезпечити актуальність, доступність та релевантність створюються інфраструктури просторових даних (ІПД) під якими слід розуміти *інформаційно-телекомунікаційні системи, що забезпечує доступ користувачів в режимі реального часу до розподілених ресурсів географічної інформації, її розповсюдження і обмін нею, використовуючи Інтернет або іншу загальнодоступну глобальну мережу (Коренець, 2011).*

В Україні разом терміном «інфраструктури просторових даних» так само вживається термін «інфраструктури геопросторових даних». Отже будемо вживати їх як синоніми.

Логіку побудови ІПД можна порівняти з панциром черепахи: вона базується на окремих, проте жорстко інтегрованих модулях (даних, стандартах та сервісах), які в сукупності утворюють монолітну та захищену інформаційну систему. Бази просторових даних окремих територіальних громад повинні узгоджуватися і в ідеалі являти собою спільні для всієї країни набори даних. Насамперед це стосуються загальногеографічної характеристики території (державний кордон і адміністративні межі, адміністративний устрій, мережа поселень, шляхів сполучення, водні об'єкти та рослинність. Ці складові, що відносяться до

змісту загальногеографічних, зокрема, топографічних карт в сучасних умовах відноситься до базових наборів геопросторових даних.

Слід навести перелік базових наборів геопросторових даних, визначених Законом України "про інфраструктуру геопросторових даних» ([Закон України про НІГД](#)), які бажано використовувати в якості основи муніципальної ГІС: системи відліку координат і висот; державний кордон України; адміністративно-територіальні одиниці, та їх межі; територіальні громади, зокрема, межі їх територій; гідрографічні об'єкти та гідротехнічні споруди; населені пункти, зокрема, їх вулично-дорожню мережу; будівлі та споруди; автомобільні дороги; залізниці; інженерні комунікації; аеропорти, морські та річкові порти; земний покрив та ґрунти; земельні ділянки; реєстри вулиць та адреси об'єктів; географічні назви; цифрову модель рельєфу (ЦМР); цифрову модель місцевості (ЦММ); ортофотоплани.

Особливістю **базових геопросторових даних** є те, що вони мають бути загальнодоступними, отже, не повинні містити відомості, що становлять державну таємницю, та іншу інформацію, доступ до якої обмежений відповідно до закону (інформацію з обмеженим доступом). Кожному з класів об'єктів у ГІС може відповідати певні типи моделей. Ієрархія їх може бути представлена наступним чином (рис. 3. 2).

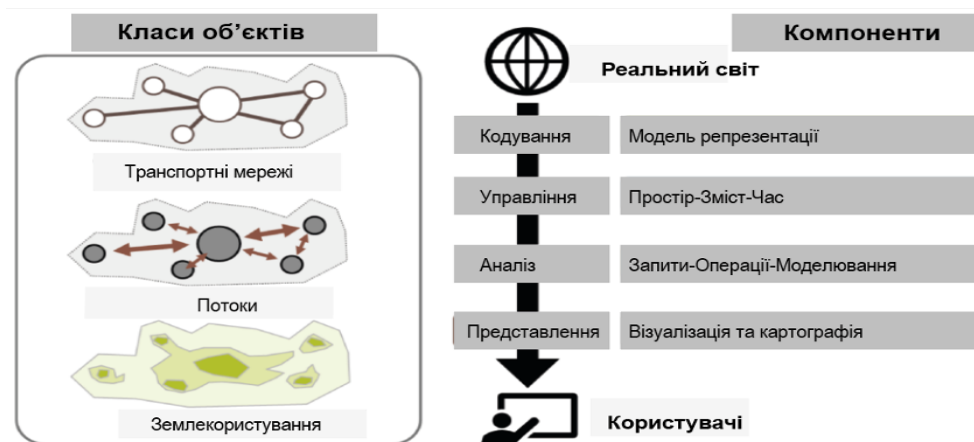


Рис. 3.2. Організація моделювання даних в МГІС

Таким чином, картографічна основа для розроблення муніципальних ГІС має вміщувати базові та тематичні набори геопросторових даних про сучасний стан використання території громади і бути цифровою моделлю цієї місцевості, актуальною на дату її виготовлення ([Богачова та ін., 2021](#)).

Проте, крім базових геопросторових даних, МГІС може вміщувати численні **профільні набори геопросторових даних**, які дають вичерпну інформацію про природні та суспільні об'єкти, явища та процеси, що визначають життєдіяльність сучасного міста. Вони детально відображають актуальний стан використання території муніципалітету, інтегруючи дані про ландшафтні особливості, гідрографію та зелені насадження із суворими параметрами забудови. До таких наборів належать відомості про межі земельних ділянок, функціональне призначення зон, поверховість будівель та точне розташування об'єктів інженерної інфраструктури. Окремий пласт інформації присвячений соціально-економічним показникам, включаючи щільність розселення мешканців та доступність мережі закладів охорони здоров'я чи освіти.

Завдяки цифровізації ці дані стають динамічними, дозволяючи відстежувати зміни в реальному часі через моніторинг транспортних потоків та екологічного стану середовища. Використання таких структурованих масивів у межах муніципальної ГІС дозволяє органам влади оперативно виявляти просторові конфлікти та прогнозувати наслідки містобудівних рішень. Це створює надійний цифровий фундамент для впровадження концепції сталого розвитку, забезпечуючи прозорість управління міськими ресурсами та підвищуючи якість життя громади (Додаток Г).

В залежності від вимог замовника та переліку вирішуваних завдань муніципальна ГІС може вміщувати різноманітні профільні набори геопросторових даних, які іноді називають тематичними наборами.

3.2. ДЖЕРЕЛА ДАНИХ МГІС



«Дані — це нова нафта, але ГІС — це нафтопереробний завод, який перетворює сировину на енергію для прийняття рішень».
— **Джек Данжермонд (засновник ESRI).**

Жодне дослідження не буває точніше або достовірніше за ті дані, на яких воно базується. В ході реалізації МГІС слід використовувати відомості з надійних джерел, які зібрані з максимальною точністю та

детальністю. При цьому дані дуже рідко містяться одному місці. Потрібні матеріали зазвичай доводиться збирати з різних джерел.

Первинні відомості можна отримати як з різних документальних матеріалів, так і шляхом безпосередніх обстежень в натурі. При цьому слід оцінювати надійність першоджерел та якість даних, отриманих з них. Опубліковані документи не завжди містять вичерпні метадані (коментарі про рівень достовірності даних, що містяться в них). Є спокуса вважати кожен цифру вірною. Опубліковані результати анкетного опитування часто видаються докладними та точними. Однак у кожному опитуванні немає впевненості у тому, що відповіді повністю правильні.

Для створення ГІС (карт та інших моделей) потрібно визначити ключові **джерела даних**. Важливим для оновлення та узгодження даних є **набори метаданих**, даних, що характеризують або пояснюють інші дані, довідники, що містять інформацію про час збирання, територіальне охоплення, власника даних та інші характеристики. Останнім часом до джерел даних можна додатково віднести **дослідницькі артефакти** (інформацію про організацію дослідження, збір і перетворення даних, аналітичний робочий процес і обчислювальне середовище з вихідними даними та кодом ([Kedron et al. 2021](#))). Ці артефакти є об'єктами авторського права своєрідними «цеглинами» які можуть використовуватися різними дослідниками на різних етапах дослідження. Прикладом бібліотеки дослідницьких артефактів є ресурс **github** - веб сервіс для хостингу ІТ проектів та їх спільної розробки.

Дані, що використовуються для створення муніципальних ГІС, за походженням поділяються на документальні та дані безпосередніх обстежень.

Першу групу становлять **геодезичні дані**, які включають результати астрономічних, супутникових та наземних робіт, представлені переважно у цифровій формі як описи координат точок (датуми), **геозображення** (плани та карти), отримані в результаті польових зйомок, зокрема тахеометрії та лідарного сканування, а також матеріали аерокосмічних зйомок у вигляді ортофотопланів, фотограмметричних хмар точок та інших просторових моделей. Друга група охоплює **тематичні дані**, що об'єднують результати метеоспостережень та переписів, а також текстові звіти історичних та галузевих досліджень.

3.2.1. ДОКУМЕНТАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ДАНИХ

Документальні джерела які можуть використовуватися в муніципальних ГІС містять являють дуже строкату групу.

Геозображення містять дані про просторову диференціацію об'єктів явищ та процесів у природних та культурних ландшафтах міст. Стосовно переписів, розкладів та довідників, вони, зазвичай, висвітлюють більш вузькі аспекти одного явища.

Картографічні дані становлять фундаментальний каркас будь-якої муніципальної ГІС (МГІС). Вони є найважливішою складовою вхідних даних, оскільки забезпечують точну прив'язку об'єктів у просторі та відображають їхні просторові залежності на земній поверхні. Ці дані акумулюють географічну інформацію про форму, розміри, площу та локацію об'єктів, а також містять атрибути, що характеризують ключові процеси та явища на території громади.

Історичним прикладом масштабного планувального документа в Україні є **Генеральна схема планування території України (ГСП)**. Розроблена у 1998–2000 роках та затверджена у 2002 році, вона була орієнтована виключно на паперові носії. ГСП включає 15 тематичних проектних карт, що охоплюють:

- Інфраструктурний блок (системи транспорту, мережі магістральних нафто- та газопроводів, продуктопроводи та електропостачання).
- Екологічно-рекреаційний блок (організацію національної екомережі, природно-заповідні, оздоровчі та туристичні території).
- Планувальний блок (структуру землекористування, оцінку містобудівного потенціалу, господарське зонування та системи розселення).

Сучасне планування територій на регіональному рівні (АР Крим, області) передбачає розроблення схем, що трансформують положення державної політики з урахуванням місцевих історичних, економічних, демографічних та культурних особливостей. Ці схеми стають основою для регулювання використання земель та прийняття управлінських рішень.

Критично важливим джерелом інформації для МГІС є **дані ДЗК**, зокрема, **містобудівних кадастрів**. Вони містять офіційні відомості про земельні ділянки, правовий режим їх використання та об'єкти нерухомого майна. Хоча загальнодержавна система містобудівного кадастру в Україні наразі перебуває на етапі активного впровадження,

низка міст уже демонструє успішні приклади функціонування власних геопорталів. Муніципальна ГІС м. Львів: (mbk.city-adm.lviv.ua), що забезпечує прозорий доступ до містобудівної документації. Геопортал міста **Черкаси** (mgis.chmr.gov.ua), який інтегрує дані про комунальне майно та міську інфраструктуру.

Використання таких офіційних джерел гарантує юридичну достовірність даних у МГІС, що є обов'язковою умовою для правомірного прийняття рішень у сфері містобудування (*Мартишова, 2021*).

Сучасним та надзвичайно динамічним джерелом геопросторових даних для МГІС стає **волонтерська картографічна інформація (Volunteered Geographic Information — VGI)**. Ця концепція збирання даних базується на краудсорсингу — залученні широкого кола мешканців до збору, редагування та актуалізації даних про міське середовище. Найяскравішим прикладом такого підходу є проект **OpenStreetMap (OSM)**, де користувачі власноруч створюють детальну цифрову карту світу.

Використання волонтерської географічної інформації (VGI) надає муніципальному управлінню низку стратегічних переваг, насамперед забезпечуючи високу актуальність та деталізацію даних, оскільки мешканці фіксують появу нових об'єктів чи перекриття доріг значно швидше за офіційні служби. Завдяки спеціалізованим додаткам на кшталт Waze або Ushahidi громадяни отримують інструмент для миттєвого повідомлення про інциденти, що дозволяє владі оперативно реагувати на аварії в мережах, дорожні вибоїни чи виникнення стихійних сміттєзвалищ. Крім того, такий підхід відзначається значною економічністю, адже збір просторових даних силами волонтерів дозволяє суттєво оптимізувати видатки муніципального бюджету, які зазвичай спрямовуються на дороговартісні професійні польові обстеження.

Водночас фахівці виділяють певні недоліки VGI, серед яких — фрагментарність і неоднорідність покриття території (активніше картографуються центральні райони), імовірність помилок та відсутність єдиного стандарту точності. Тому в МГІС такі дані найчастіше використовують як додатковий інформаційний шар, що потребує верифікації.

Використання **даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)** — аерофотознімання з літаків та БПЛА, лідарних, теплових та космічних знімків — відкриває широкі можливості для аналізу та оптимізації міського середовища. Високоякісні ортофотоплани великих масштабів дозволяють проводити детальне картографування простору, що є

критичним для планування забудови, проектування інфраструктури та рекреаційних зон. Головною перевагою ДЗЗ є можливість моніторингу змін у реальному часі, що дозволяє виявляти самовільне будівництво, відстежувати стан зелених насаджень, стихійні сміттєзвалища та наслідки природних чи техногенних катастроф. Крім того, дані з відеокамер та сенсорів забезпечують візуалізацію транспортних потоків для вдосконалення дорожньої мережі (OGS, 2016; OGS, 2026d).

Окреме значення мають **дані про рельєф земної поверхні**, доступ до яких, зокрема, надають глобальні платформи як-от дані SRTM, що є відкритими та доступними для завантаження через ресурси USGS (EarthExplorer), що робить їх ідеальним безкоштовним інструментом для стартового етапу створення муніципальної ГІС будь-якої громади.

Ці дані були отримані у лютому 2000 року під час спеціальної місії космічного човника «Індевор» (Endeavour). За допомогою радарної інтерферометрії було знято майже 80% земної суші. Це дозволило створити першу суцільну цифрову модель висот з високим ступенем однорідності. Найбільш поширеними є дані з кроком сітки **1 кутова секунда (~30 метрів)** та **3 кутові секунди (~90 метрів)**. SRTM є моделлю місцевості, оскільки радіо сигнал відбивається від верхівок дерев, дахів будівель та інших об'єктів, ці дані відображають не «голу» землю, а верхню межу ландшафту. Точність даних цілком достатня для регіонального планування, але вимагає обережності при детальному міському проектуванні (наприклад, для розрахунку самопливної каналізації).

Ці дані можуть бути застосовані в управлінні містом для завдань: гідрологічного моделювання (побудови басейнів водозбору, визначення напрямків стоку та прогнозування зон затоплення під час злив); аналізу видимості (Оцінювання візуального впливу нових висотних будівель на історичний ландшафт міста; розрахунку зон покриття для мереж мобільного зв'язку та муніципального Wi-Fi з урахуванням перешкод рельєфу; попереднього оцінювання експозиції схилів для встановлення сонячних панелей на рівні територіальної громади.

Нині набувають поширення технології лазерного сканування (LiDAR). Такі дані у вигляді хмар точок, та моделей поверхонь дозволяють деталізувати моделі поверхні.

Усі цифрові просторові дані, отримані з ДЗЗ або польових обстежень, представляються у ГІС за допомогою двох основних моделей:

Векторна (дискретна) модель: описує об'єкти як набори координат точок, ліній та полігонів. Вона ідеально підходить для представлення

об'єктів із чіткими межами: земельних ділянок, будівель, доріг, мереж транспорту та маршрутів переміщення людей.

Растрова (континуальна) модель: представляє простір у вигляді регулярної сітки пікселів (комірок). Ця модель використовується для космічних та аерознімків, а також для безперервних полів, як-от температури, опадів або матриць висот.

Для моделювання складних поверхонь та статистичних полів (наприклад, щільності населення) використовують спеціальні структури: ізолінії (лінії однакових значень) та триангуляційні мережі (TIN) — опис поверхні через систему трикутників, що найкраще відтворює складний рельєф місцевості.

Динамічні моделі (просторово-часові куби, просторово-часові маршрути, просторово-часові призми) дозволяють візуалізувати та моделювати динамічні ряди даних та розуміти перебіг змін, які відбуваються в міському середовищі.

Статистичні публікації. Опубліковані статистичні дані загалом не містять відомостей щодо досить дрібних осередків території. Дослідники найчастіше отримують матеріали, що відносяться до міста в цілому, до області або громади, у той час як потрібна інформація щодо окремих частин міста, мікрорайонів, кварталів, сіл, селищ. Агреговані дані за великими одиницями адміністративного поділу можуть виконувати лише допоміжну або ілюстративну роль порівняно до відомостей, зібраних іншими способами. Більшість статистичних публікацій готуються до друку відомствами та службами.

3.2.2. ДАНІ ОБСТЕЖЕНЬ

Сучасний етап розвитку муніципальних ГІС характеризується переходом від статичних картографічних шарів до динамічних моделей, що базуються на синтезі технологічних та гуманітарних методів збору даних. Важливим складником аналізу є комплексне обстеження типів землекористування, яке завдяки алгоритмам машинного навчання та комп'ютерного зору дозволяє автоматично класифікувати території не лише за офіційним цільовим призначенням, а й за фактичним використанням. Це дає змогу виявляти невідповідність реальної забудови містобудівним планам, оцінювати ефективність експлуатації муніципальних земель та оперативно оновлювати цифрові карти функціонального зонування без залучення значних людських ресурсів.

Особливого значення набуває цифрова соціологія та краудсорсинг думок, де мешканці виступають як «живі сенсори» міського простору. Традиційні соціологічні опитування сьогодні інтегруються з геопросторовими платформами, дозволяючи проводити публічні партисипативні ГІС-опитування (PPGIS). У таких системах кожен громадянин може позначити на інтерактивній карті, зокрема, місця, що потребують додаткового освітлення, або локації, де не вистачає зелених зон. Такий підхід забезпечує муніципальну владу унікальними суб'єктивними даними про якість життя, які неможливо отримати за допомогою супутникового знімання, але які є критичними для соціально орієнтованого планування.

Використання даних соціальних мереж (X, Instagram, Facebook) як джерела просторової інформації відкриває можливості для аналізу емоційної карти міста та розподілів мобільності. Геотеги та аналіз змісту повідомлень дозволяють відстежувати популярні туристичні маршрути, центри тяжіння молоді або зони соціальної напруги у режимі реального часу. Наприклад, скупчення фотографій у певній локації може свідчити про її високу рекреаційну привабливість, тоді як аналіз тональності текстів (sentiment analysis) допомагає зрозуміти ставлення мешканців до нових містобудівних проектів чи змін у транспортній мережі.

Крім того, сучасні МГІС активно використовують дані мобільних операторів та транзакційні дані для моделювання реальної щільності населення, що часто відрізняється від даних офіційного перепису. Це дозволяє більш точно проектувати потужність інженерних мереж, розташування нових шкіл та лікарень, спираючись на фактичні потоки людей у різні години доби. Таким чином, поєднання традиційної геодезії з великими даними (Big Data), соціологічними методами та аналізом цифрових слідів перетворює муніципальну ГІС на потужну систему підтримки прийняття рішень, що враховує як технічні параметри, так і реальні потреби та настрої громади.

3.2.3. Великі дані у муніципальних ГІС

Великі дані (Big Data) це поняття, що застосовуються до наборів даних, які занадто великі або складні, щоб з їх обробляло традиційне програмне забезпечення для обробки даних. Дані з великою кількістю записів потребують більшої обчислювальної потужності, в той час як дані

з вищою складністю (більше атрибутів або стовпців у кожного запису) можуть призвести до вищого рівня помилкових відкриттів (*Breur, 2016*).

Перші асоціації з великими даними зазвичай пов'язані з їхніми характеристиками, які нині асоціюються з такими поняттями: **обсяг, швидкість, різноманітність, достовірність і цінність**. Ці поняття іноді називають "5 V" великих даних.

Перший параметр — **Volume (обсяг)** — відображає колосальну кількість даних, що генеруються щомиті сенсорами мереж, транзакціями мешканців та супутниковими знімками високого розрізнення. Друга характеристика — **Velocity (швидкість)** — вказує на необхідність обробки цієї інформації в режимі реального часу для оперативного реагування на затори чи аварійні ситуації в інженерних мережах. **Variety (різноманітність)** підкреслює неоднорідність джерел, де структуровані таблиці реєстрів поєднуються з неструктурованим відеопотоком камер спостереження та повідомленнями у соціальних мережах.

Параметр **Veracity (достовірність)** стає критичним для муніципальних ГІС, оскільки він вимагає верифікації даних перед їх використанням для прийняття управлінських рішень. Нарешті, найважливішим елементом є **Value (цінність)**, що полягає у здатності системи трансформувати сирі масиви цифр у корисні знання для покращення якості життя містян. Впровадження цієї моделі в міське управління дозволяє перейти від інтуїтивного планування до стратегій, що базуються на аналізі реальних процесів. Використання аналітики Великих Даних у поєднанні з просторовим моделюванням створює умови для формування справді «розумного» та безпечного міського середовища.

Ці характеристики надають великим даним унікальність та виправдовують використання для них спеціальних методів оброблення, аналізу та зберігання, таких як **розподілені системи та технології обчислень у реальному часі**. Аналіз великих даних виявляє статистичну кореляцію між наявними даними, а не причинно-наслідковий зв'язок між ними (*Miller & Goodchild, 2015*). Крім того, зазвичай дослідження при цьому базуються на повному а не частковому наборі даних.

Нині для досягнення цілей муніципальних геоінформаційних систем можуть бути використані великі дані, оскільки це може значно полегшити управління містом чи регіоном, оптимізувати бізнес-процеси та підвищити ефективність прийняття рішень. Великі дані (Big Data) можуть бути використані в різних аспектах створення та удосконалення муніципальних ГІС. Ось кілька кроків, які можна виконати:

Збір великих обсягів геоданих за допомогою датчиків та пристроїв Internet of Things (IoT) щодо температури, вологості, якості повітря, руху транспорту тощо. Ці дані слід інтегрувати з муніципальною ГІС для аналізу, візуалізації та використання в процесі підготовки та ухвалення рішень.

Дані операторів мобільного зв'язку та мобільних додатків з функцією геолокації дозволяють відслідковувати просторову поведінку різних статевих, вікових або професійних груп населення (наприклад аналізувати активність бігунів у паркових зонах за допомогою мобільних додатків).

ДЗЗ дозволяє в оперативному режимі отримувати великі обсяги даних про компоненти середовища, зокрема, міського з космічних апаратів, літаків та БПЛА. Як приклад можна назвати дані про пожежі FIRMS, зелені насадження та їх стан, згенеровані в напівавтоматичному або автоматичному режимі, зокрема на платформі Google Earth Engine (GEE).

Волонтерські дані зібрані великою кількістю учасників через мобільні додатки можуть описати різноманітні аспекти життєдіяльності міста. Актуальними є численні проекти присвячені розміщенню сенсорів якості повітря в містах (*Hsieh, 2015*). Зважаючи на те, що такі сенсори встановлюються приватними особами і розміщуються в довільних точках, важливим завданням є забезпечення коректної обробки цих даних. Відеодатчики розміщені на вулицях та перехрестях можуть повідомляти про інтенсивність трафіку, фахівці повідомляють про (*Xu та Zhang, 2023*) те, що саме ГІС забезпечує більш глибокий просторовий аналіз даних щодо геохімічних показників якості параметрів навколишнього середовища (розподіл імовірностей, перетворення даних, просторові структури і закономірності, кореляційні та просторові зв'язки, просторове передбачення, фонові та порогові значення, гарячі точки тощо).

Важливою особливістю оброблення та аналізу великих геоданих є забезпечення можливості роботи з ними в реальному часі що дозволяє миттєво реагувати на поточні зміни та надзвичайні події.

Використання алгоритмів машинного навчання для аналізу великих обсягів геоданих може допомогти виявити закономірності, тренди та прогнозувати події в економічному, суспільному та політичному житті в межах території муніципалітету.

Великі дані можна інтегрувати з системами управління муніципальними службами (водопостачання, відходи, транспорт тощо)

для отримання комплексної інформації про муніципальну інфраструктуру.

Неабиякої важливості набуває завдання **забезпечення однорідності та стандартизації** геоданих, що дозволить ефективно обробляти та аналізувати їх та генерувати різноманітні звіти. Необхідним аспектом є розроблення зручних **картографічних інтерфейсів**, що дозволяє візуалізувати геодані та зручно взаємодіяти з ними, створювати **мобільні додатки** та веб-аплікації для зручного доступу до геоданих та отримання інформації у реальному часі. Використання великих масивів даних потребує дотримання безпеки їх зберігання та використання за допомогою **шифрування** та інших методів **захисту інформації**, зокрема, правил захисту **персональних даних** із врахуванням законодавства і правил захисту особистої інформації при роботі з геоданими.

Використання великих даних у ході створення муніципальних ГІС дозволяє покращити якість прийняття рішень, оптимізувати роботу муніципалітету та підвищити зручність сервісів для мешканців.

3.2.4. Тривимірна візуалізація та інформаційне моделювання будівель (BIM)

Від самого початку розвитку комп'ютерної техніки та прикладного програмного забезпечення, системи автоматизованого проектування (САПР) та ГІС розвивалися окремо. САПР використовувалися в архітектурі та інших видах діяльності, пов'язаних з проектуванням. Ці системи характеризують надзвичайна швидкість відображення графічної інформації. Натомість геоінформаційні системи завжди працювали з просторовими даними і використовували широкий арсенал функцій для аналізу для оцінки території та її ресурсів.

Зважаючи на схожість об'єкту моделювання та близькість бізнес-стратегії компанії Autodesk та ESRI у листопаді 2017 оголосили про об'єднання своїх зусиль у моделюванні реальності. Фахівці зазначають, що поєднання інформаційного моделювання будівель (BIM), САПР та ГІС дає поштовх для покращення реалізації проектів. Технології Autodesk і ESRI, а також веб-додатки для спільної роботи, таких як ArcGIS GeoBIM, покращують робочі процеси та прозорість для проектантів ([ESRI, 2024](#)). Пряме хмарне з'єднання між Autodesk Construction Cloud і ArcGIS Online/Enterprise надає переваги, зокрема, можливість публікувати дані

Autodesk безпосередньо в ArcGIS Online/Enterprise для використання в спільних веб-додатках і польових програмах...».

Нині засоби комп'ютерної техніки та різноманітні програмні рішення дозволяють створювати високоякісні тривимірні моделі міської території, які є надзвичайно корисними для управління. Такі тривимірні моделі географічних об'єктів призначені для кращого розуміння просторових відносин та аналізу міського середовища. Зробимо огляд цього процесу:

1. Для збору даних найбільш ефективно використовувати лідарні дані, аерознімки з БПЛА та отримувати на їх основі хмари точок (point cloud).

2. Обробка та моделювання здійснюється шляхом використання спеціалізованих інструментів для створення тривимірних моделей міста. Це може бути, зокрема, розпізнавання об'єктів (будинків, зелених насаджень), дані висоти об'єктів та споруд, створення каркасних моделей (тріангуляції Делоне, cityGML) тощо.

3. Наступним кроком є додавання текстур, кольорів та інших візуальних ефектів (тіні, туману, імли, серпанку), щоб модель виглядала якнайреалістичніше.

4. Використання тривимірної візуалізації для аналізу та відображення різних аспектів міського середовища може вміщувати аналіз просторового планування, розташування інфраструктури, зон ризику та інше.

5. Більшість застосунків забезпечують можливості взаємодії з тривимірною моделлю, додавання анімацій, перегляд моделі з різних кутів огляду, зміна параметрів тощо.

6. Насамкінець здійснюється публікація тривимірних моделей на Веб платформах та забезпечується спільний доступ та обмін інформацією між учасниками процесу управління.

Технологія 3D моделювання передбачає використання стандарту CityGML дозволяє структурувати дані за рівнями деталізації (Levels of Detail — LoD 1-4): від спрощених «коробок» будинків (LoD 1) до детальних архітектурних моделей із текстурами (LoD 3) та внутрішнім плануванням приміщень (LoD 4). Такі моделі дають змогу проводити складні симуляції — від інсоляції прибудинкових територій до поширення повітряних потоків між хмарочосами, забезпечуючи перехід від простого відображення об'єктів до прогнозування життєдіяльності міста в об'ємному просторі і симуляції соціальних та кліматичних ефектів від майбутнього оновлення території (рис. 3.3) та міських об'єктів (рис.3.4),

які містять не лише геометрію, а й семантичну інформацію про конструкції, матеріали та призначення будівель, що є основою для концепції "Цифрового двійника міста" (Digital Twin).

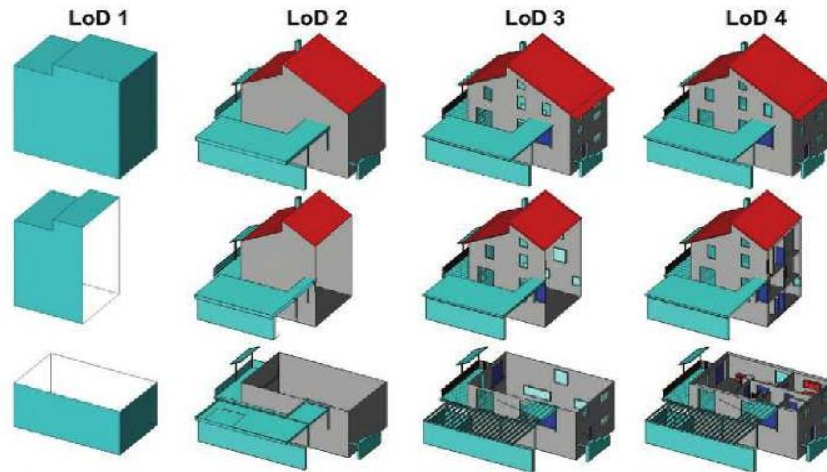


Рис. 3.3. Рівні деталізації (LoD) для будівель відповідно до CityGML (Agugiaro et al., 2015)

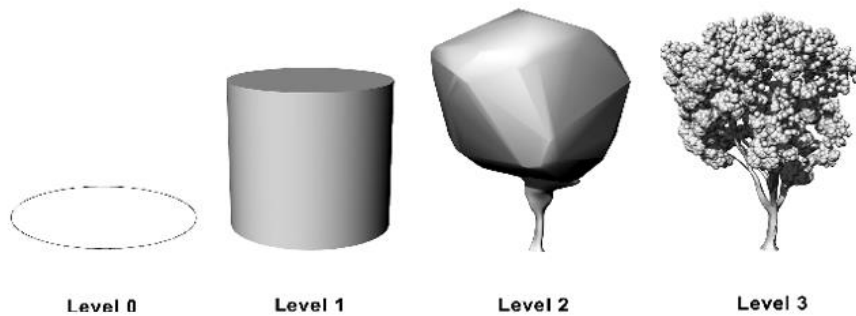


Рис. 3.4. Рівні деталізації LOD для дерев (Gobeawan et al., 2018)

Побудова тривимірних моделей дозволяє містам, архітекторам, планувальникам та іншим зацікавленим сторонам краще розуміти структуру міського простору, робити ефективні рішення та взаємодіяти з геопросторовою інформацією на більш високому рівні деталей.

Аналізуючи сучасну інженерну інфраструктуру, неможливо оминати технологію інформаційного моделювання будівель (Building Information Modeling — BIM). Дослідники визначають BIM як першу по-справжньому глобальну цифрову будівельну технологію, що фактично є процесом генерації та управління інформацією про об'єкт протягом усього його життєвого циклу (Arayici et al., 2017). Цей підхід є спільним способом

роботи на основі цифрових технологій, що відкриває шлях до ефективнішого проектування, зведення та подальшого обслуговування матеріальних активів.

За своєю суттю BIM — це інтегрований цифровий 3D-опис будівлі та її ділянки у контексті геоінформаційної системи. На відміну від простих візуалізацій, BIM вважається «багатою моделлю» (Ballesty, 2007), оскільки кожен об'єкт у ній має унікальні властивості та складні взаємозв'язки. Ця інформація дозволяє проводити інтелектуальний аналіз даних, здійснювати точне моделювання фізичних процесів та автоматизувати інженерні розрахунки.

Розвиток методів оперативного збирання просторових даних, зокрема цифрової фотограмметрії та лідарного сканування, дозволив поєднати можливості ГІС із деталізацією 3D-даних (OGS, 2021; OGS, 2023a; OGS, 2023b; OGS 2026e). Це зумовило появу спеціалізованої системи HBIM (Heritage BIM), орієнтованої на об'єкти культурної спадщини (Arayici et al., 2017). Система HBIM слугує еталонною базою для збереження, наукового управління та віртуального перегляду пам'яток архітектури, забезпечуючи високу точність фіксації їхнього історичного стану.

Інтеграція BIM у муніципальні ГІС створює передумови для формування повноцінних цифрових двійників міст, де детальна інформація про кожну будівлю стає частиною загальної моделі міського простору (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Цифрова модель Heritage BIM найбільшого публічного ландшафтного парку у Римі *Villa Doria Pamphili*
<https://www.bimportale.com/villa-doria-pamphili/>

Отже модель BIM може використовуватися для обслуговування будівлі та інженерних систем та дозволяє складати техніко-економічні обґрунтування проектів в цифровому режимі в межах управління містом.

3.2.5. Якість просторових даних

Оцінювання якості нині розуміється і здійснюється щодо товарів, послуг, даних, виробничих процесів і виробництва загалом (*Juran, 1974*).

З метою задоволення клієнтів і виживання на ринку запроваджується **тотальне управління якістю (TQM)**, — набір ідей для підвищення якості продукції чи послуг. Нині фахівці ведуть мову про дві складові якості даних: внутрішню та зовнішню якість.

Внутрішня якість належить до дотримання стандартів виробництва просторових даних і карт. Вона заснована на відсутності помилок у даних, процесах їхнього збирання та інтерпретації та стосується насамперед виробників даних (*Ляшенко та ін, 2022*). Ідеться про такі параметри: точність місцеположення і атрибутів, логічна послідовність, повнота просторових даних, якість метаданих (*Van Oort, 2006*). Визначаються концептуальні підходи до забезпечення якості просторових даних у системі управління якістю надання геоінформаційних послуг на різних етапах життєвого циклу набору просторових даних (*Карпінський та ін., 2012*). Розробляються питання оцінювання якості просторових даних у ході створення загальногеографічних карт (*Бондаренко та Писаренко, 2018*). Відзначимо важливість якості метаданих для оцінювання внутрішньої якості просторових даних. Використання для створення карт великих даних (Big Data) змінює спосіб збирання і аналізу даних. Справедливо, що використання Big Data може створити реальну цінність лише в поєднанні з якістю: ефективні рішення та дії є результатом правильних, надійних і повних даних. У та- кому сценарії необхідні методи оцінювання якості на основі типу даних у контексті, у якому дані мають вико- ристовуватися (*Ardagna et al., 2018*).

Другою важливою складовою ефективності використання карти або геосервісу є **зовнішня якість**, що виявляється у задоволеності користувачів (*Kahn et al., 2002*), залежить від сучасності та коректності концепції зображення даних, зручності їхньої інтерпретації і оцінювання та охоплює ряд аспектів:

1. Інтерфейс користувача (UI): інтерфейс повинен бути легким у використанні та інтуїтивно зрозумілим для користувачів. Також надзвичайно важливим є графічний дизайн. Приємний та естетичний вигляд інтерфейсу сприяє зручності користування системою.

2. Система повинна бути **адаптована** до потреб різних груп користувачів, включаючи людей з обмеженими можливостями.

3. **Функціональність та ефективність** означають, що система повинна відповідати вимогам та очікуванням користувачів а також швидко та продуктивно вирішувати задачі користувачів.

4. **Безпека** МГІС передбачає захист конфіденційної інформації користувачів та запобігання втраті даних.

5. Наступним важливим аспектом підвищення задоволеності користувачів є чітка й доступна **документація**, яка допомагає користувачам зрозуміти функції та можливості системи а також швидко та ефективно технічна підтримка.

6. Неабияку роль відіграє сумісність або **інтероперабельність (Interoperability)**, - можливість взаємодії інформаційної системи з іншими програмами та технологіями а також оновлення та розширення функціоналу системи.

Важливою складовою якості даних МГІС є **стандартизація** що дозволяє різним відомствам працювати у єдиному інформаційному полі. Використання міжнародних специфікацій OGC, таких як сімейство OGC API³. Ці стандарти є ключовими для переходу від архітектури XML/SOAP до сучасних REST/JSON практик, що відповідає реалізації концепції «розумношо міста» (*OGC, 2020; OGC, 2024; OGC, 2026a; OGC, 2026b; OGC, 2026c; OGC, 2026d*). Вони разом із стандартами ISO, створюють технічну можливість для безперешкодного обміну даними між кадастрами, реєстрами та аналітичними модулями.

Якість даних часто оцінюється через специфічні параметри (згідно зі стандартами ISO 19157: «Географічна інформація — Якість даних»):

Точність (Accuracy): Наскільки значення даних відповідають реальним показникам (наприклад, похибка GPS-координат).

Повнота (Completeness): Чи охоплена вся необхідна територія або всі об'єкти (наприклад, чи внесено до бази всі об'єкти ревіталізації в місті).

³ Сімейство OGC API — це стандартизовані інтерфейси для веб-сервісів, що базуються на архітектурі REST, забезпечуючи легку інтеграцію геоданих у сучасні інформаційні системи та веб-застосунки

Актуальність (Timeliness/Currency): Наскільки дані відповідають поточному стану об'єктів (наприклад, чи враховано будівництво нової розв'язки, завершене минулого місяця).

Послідовність (Consistency): Відсутність суперечливих даних (наприклад, якщо в одному шарі будинок має 5 поверхів, а в іншому — 7).

Логічна цілісність (Logical Consistency): Чи дотримуються правила топології (наприклад, чи не «перетинаються» земельні ділянки, які мають різні власники).

Ключовим елементом інтеграції міських даних є **Єдиний адресний реєстр**, який виступає універсальним ідентифікатором: без чіткої прив'язки кожного об'єкта до унікальної адреси синхронізація даних між комунальними службами, податковою та екстреними сервісами стає неможливою.

Отже, якість муніципальних даних оцінюється за критеріями повноти, геометричної точності та актуальності. У бюрократичному середовищі головним викликом є впровадження **регламентів оновлення**, які перетворюють МГІС зі статичної карти на динамічну базу знань. Сучасний підхід передбачає максимальну **автоматизацію імпорту даних**: забудовники мають подавати виконавчу зйомку в цифрових форматах, що автоматично інтегруються в систему, а комунальні служби — передавати дані про ремонти мереж через API в режимі реального часу. Це забезпечує «свіжість» інформації без додаткових запитів чи ручного введення.

Особливе місце посідає питання **безпеки та розмежування рівнів доступу**. Муніципальна ГІС має чітко розділяти **відкриті дані (Open Data)**, доступні для бізнесу та мешканців через геопортали, та інформацію з обмеженим доступом, що містить критичну інфраструктуру або персональні дані. Такий підхід робить місто прозорим для інвестицій і контролю громади, зберігаючи при цьому стійкість і захищеність міських систем у цифровій площині.

3.2.6. Моделювання міських даних



«Ми більше не проектуємо міста в ізоляції; ми створюємо їхні цифрові двійники, де кожен біт даних моделює реальну поведінку системи, дозволяючи нам виправляти помилки у віртуальності, а не в реальності». — Карло Ратті. італійський архітектор, інженер, винахідник

Ефективність муніципальної ГІС безпосередньо залежить від обраної моделі представлення даних, де ключовим є баланс між векторними та растровими структурами. Векторні моделі є оптимальними для задач, що потребують високої точності та роботи з дискретними об'єктами: ведення земельного кадастру, обліку будівель та проектування інженерних мереж. Натомість растрові моделі незамінні для континуального аналізу міського середовища, як-от моделювання зон шумового забруднення, поширення тепла («острів спеки») або аналізу гідрологічних ризиків на основі цифрових моделей рельєфу. Оптимізація вибору моделі дозволяє ГІС-аналітику ефективно комбінувати точність меж із безперервністю фізичних полів.

Фундаментальною вимогою до геоданих є топологічна коректність. У муніципальному управлінні помилки у топології, такі як розриви ліній водопроводу, «висячі» вузли у дорожній мережі або накладання меж сусідніх земельних ділянок, роблять автоматизований аналіз неможливим. Топологічна цілісність гарантує, що мережі є зв'язними для розрахунку транспортних маршрутів, а полігони забудови не перекриваються, що є критичним для юридичної чистоти кадастрових рішень та коректного функціонування систем підтримки прийняття рішень.

Якість моделювання визначається не лише геометрією, а й глибоким атрибутивним наповненням. Проектування метаданих та детальних паспортів об'єктів міського господарства дозволяє зберігати в системі історію експлуатації будівель, технічні характеристики комунікацій (матеріал труб, дата останнього ремонту) та соціально-економічні показники. Створення стандартизованих класифікаторів атрибутів забезпечує сумісність даних між різними відомствами, що перетворює розрізнені цифрові карти на єдину інформаційну базу управління містом.

У контексті муніципальних ГІС (МГІС) важливо розрізнити інструменти **базового просторового аналізу** та інструменти для

інтелектуального аналізу (**Spatial Data Mining**) - стратегічного прогнозування та пошуку прихованих закономірностей який описано в наступному розділі книги (таблиця 3).

Таблиця 3. Завдання базового просторового аналізу та інтелектуального аналізу даних

Характеристика	Базовий аналіз	Інтелектуальний аналіз
Мета	Інвентаризація та моніторинг	Прогнозування та пошук знань
Складність	Низька/Середня (геометрична)	Висока (математична/статистична)
Результат	Нова карта або звіт	Гіпотеза, модель або тренд
Приклад у місті	«Де прокласти трубу?»	«Яким буде попит на воду через 5 років?»

Розглянемо методи базового просторового аналізу. У класичній літературі (наприклад, **ДеМерса**) «базовим» або «традиційним» аналізом вважаються операції, що працюють з уже наявними об'єктами:

- **оверлейні операції (Overlay)**, наприклад підрахувати кількість будинків у зоні підтоплення; створення охоронних зон навколо об'єктів (наприклад, 50-метрова зона навколо річки, де заборонено будівництво);
- **вимірювання** підрахунок площ, довжин, SQL-запити (наприклад, «показати всі будівлі старше 50 років? Яка довжина дороги?»);
- **буферизація (Buffering)** - побудувати 100-метрову зону навколо школи.

У більшості підручників з ГІС **аналіз мереж (Network Analysis)** відносять до стандартного функціоналу (пошук найкоротшого шляху для сміттєвозів або розрахунок зон доступності шкіл.

ГІС. Це можна пояснити тим, що алгоритм працює на **жорстко заданому графі**. Транспортну мережу слід розглядати як граф, де вулиці є ребрами, а перехрестя — вузлами. Всі ребра, та вузли вже існують у базі даних.

Процес обходу мережі є фундаментальною операцією, яка дозволяє систематично відвідувати всі вершини та ребра для перевірки зв'язності

та цілісності міської інфраструктури. Зокрема, алгоритм обходу в ширину (Breadth-First Search) дозволяє досліджувати мережу пошарово, що є критичним для визначення зон доступності об'єктів соціальної інфраструктури від заданого центру. На противагу йому, обхід у глибину (Depth-First Search) просувається вздовж одного шляху до максимально можливого вузла, що допомагає виявляти цикли в дорожніх мережах та аналізувати складні топологічні структури.

Важливою аналітичною задачею є пошук найкоротшого шляху з одного вузла, що дозволяє оптимізувати маршрути екстрених служб або логістику громадського транспорту. Обчислення найкоротших шляхів між усіма парами вузлів у мережі створює повну матрицю відстаней, яка слугує основою для оцінки загальної транспортної зв'язності всього муніципалітету. Такий комплексний аналіз дозволяє виявити найбільш завантажені ділянки та вузли, що потребують розширення або модернізації. Використання цих алгоритмів у ГІС забезпечує математичне обґрунтування для розміщення нових зупинок або зміни графіків руху.

Зокрема, дослідження ([Eldrandaly & Abdallah, 2012](#)) демонструє ефективність інтеграції мережевого аналізу з ГІС для вирішення задачі маршрутизації шкільних автобусів. Автори доводять, що використання точних алгоритмів пошуку шляху дозволяє суттєво скоротити час у дорозі для учнів та зменшити експлуатаційні витрати перевізників. Цей підхід стає частиною ширшої системи підтримки прийняття рішень, де мережеві параметри поєднуються з демографічними даними. Таким чином, аналіз міських мереж перетворюється з абстрактної математичної задачі на прикладний інструмент сталого розвитку міської мобільності. Впровадження таких алгоритмів у муніципальні інформаційні системи гарантує раціональне використання бюджетних коштів та підвищення якості життя мешканців громади.

Прикладом автоматизованої трансформації сирих міських геоданих (переважно з OpenStreetMap) у топологічно коректні графи дорожньо-транспортних мереж є бібліотека **city2graph** (рис. 3.6). Вона дозволяє дослідникам швидко конвертувати лінійні об'єкти вулиць у вузли та ребра, автоматично очищуючи мережу від ізольованих сегментів та дублюючих точок. Завдяки інтеграції з алгоритмами аналізу мереж, бібліотека забезпечує точну побудову ізохрон — ліній рівної часової доступності від заданої точки.

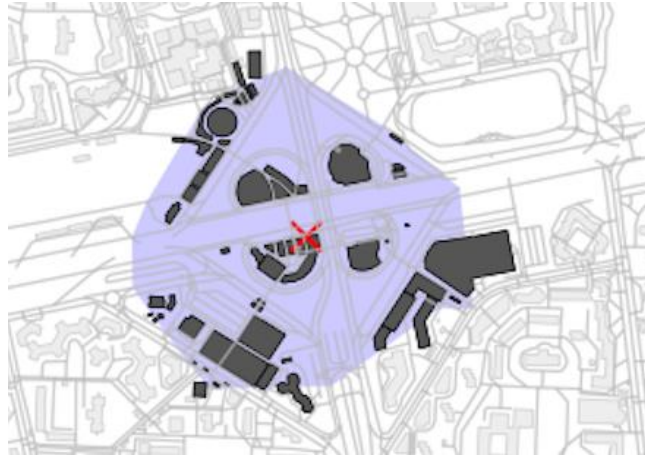


Рис. 3.6. Зона 5 хвилинної пішохідної доступності м. Позняки м. Київ, побудована засобами Python та city2graph (розробка автора)

Це робить такий підхід незамінним для муніципального планування при розрахунку доступності соціальних об'єктів або аналізі покриття територій сервісами екстреної допомоги.

Наступні за складністю є напевне **інтерполяція та апроксимація** які **створюють нові дані**, яких не було в базі. Вони «прогнозують» значення у точках, де вимірювання не проводилися.

Інтерполяція – процес отримання значень певної величини в точках, розташованих поміж точками вимірів, тобто призначення інтерполяції в ГІС полягає в тому, щоб заповнити проміжки між відомими точками вимірів і таким чином змодельовати безперервний розподіл властивості (атрибуту) *(Зацековній та ін., 2017)*.

Використання інтерполяції при моделюванні міського простору пов'язане з просторовим розрізненням, тобто найменшою помітною частиною об'єкта, що спостерігається. Наприклад на аерофотознімку детальність зображення обмежена: кількістю фізичних пікселів та розміром найменшого об'єкта, що розпізнається сенсором. При відображенні міського простору реальність описується обмеженою кількістю точок з відомими значеннями показника (векторне представлення) або пікселів (растрове представлення). Задача **інтерполяції** полягає у тому щоб дізнатися як замінити реальність адекватною моделлю простору що і визначити значення, яке знаходиться між точками або на межі пікселів: розрахувати імовірні результати вимірів у точках, де спостережень немає. Така оцінка виконується по-різному, і простір описується по-різному. Якщо мова йде про растрове представлення то в межах пікселя результати вимірювань однакові. Для об'єктів, для яких значення показника для відомих точок (чорні кружки),

та які моделюються як безперервні поверхні (рельєфу, кількості опадів та температури), розраховуємо значення невідомих (білий кружок).

Лінійна інтерполяція, - це простий метод, який використовує лінійні сегменти для з'єднання відомих точок. Метод підходить для даних з невеликою варіацією.

Метод зворотно-зважених відстаней (inverse distance weighting method - IDW) ґрунтується на припущенні, що значення атрибута певної точки є середньозваженим значенням відомих значень сусідніх точок, а ваги обернено пропорційні відстаням між ними (Xiao, 2016).

При **кригінгу** передбачається (Зацерковний та ін., 2017), що відстань або напрямок між опорними точками відображає просторову кореляцію, яка може використовуватися для пояснення зміни на поверхні. Інструмент Кригінг використовує математичну функцію для певної кількості точок або всіх точок у межах заданого радіусу, щоб визначити вихідне значення для всіх напрямків. Поверхні, отримані кригінгом, виявляються гладкішими, ніж отримані за допомогою IDW (Xiao, 2016).

Апроксимація (від лат. *approximare* — наближатися) — це заміна складних математичних об'єктів (функцій, числових значень, геометричних фігур) іншими, більш простими та зручними для аналізу, але близькими за значенням до оригіналу. Апроксимація **сплайнами** використовує поліноми для створення гладких кривих між точками. У випадку, коли дані містять шум або коли потрібно зменшити кількість контрольних точок, сплайн може бути використаний для апроксимації даних. У цьому випадку сплайн не обов'язково проходить через усі точки, а намагається знайти "найкращу" криву, яка мінімізує відстань до всіх точок. Сплайн (spline) називали гнучку металеву лінійку — універсальне лекало, що використовували креслярі для того, щоб гладко з'єднати окремі точки на кресленні.

Як уже зазначалося методи інтерполяції можуть використовуватися для моделювання явищ і процесів що мають суцільний розподіл по території міста. Найбільш відомими прикладами застосування інтерполяції є моделювання рельєфу земної поверхні параметрів атмосфери таких як температура вологість швидкість вітру тиск. В міському середовищі за допомогою інтерполяції можна моделювати розподіл забруднень шум і щільність населення і взагалі щільність різноманітних точкових або дискретних об'єктів

Отже для того щоб обрати підходящий метод інтерполяції слід проведіть попередній аналіз даних, щоб зрозуміти їх структуру і варіацію. Рекомендується використати кілька методів інтерполяції для порівняння

результатів та вибору найкращого підходу. Рекомендується залучити статистичні тести для оцінки точності та адекватності обраного методу.

3.2.7. Інтелектуальний аналіз міських даних



«Місто — це складна мозаїка патернів, які неможливо побачити людським оком. Алгоритми інтелектуального аналізу стають нашими новими очима, здатними бачити невидимі зв'язки у хаосі мегаполіса». — Ентоні Таунсенд експерт з питань майбутнього міст та міських технологій.

Як вже зазначалося, в процесі життєдіяльності міста породжується численні набори просторових даних, що стосуються транспорту, мобільного зв'язку, діяльності комунальних служб, безпечного природного та соціального середовища тощо. Обсяги даних, що зберігаються на серверах зростають.

Видобування знань із баз даних (Knowledge discovery from databases - KDD) є відповіддю на стрімке зростання обсягів даних, які збираються та зберігаються в оперативних та наукових базах даних. Еволюція інформаційних технологій (IT) та їх широке впровадження в процес моніторингу і контролю у предметній області управління містом, породжує значні обсяги нових даних.

Фахівці стверджують, що в таких великих за обсягом базах даних існує набагато більше корисної інформації, ніж у звичайних за обсягом базах даних, з яких «неглибока» інформація отримується традиційними методами аналітики та запитів (*Harvey та Jiawei, 2009*). Отже KDD дозволяє здійснити пошук неявної інформації, яку можна перетворити на знання для прийняття управлінських рішень і пошуку відповідей на фундаментальні дослідницькі питання.

KDD більш відомий через більш популярний термін **«інтелектуальний аналіз даних»**. однак, Інтелектуальний аналіз даних є лише одним з компонентів (хоча й центральним) більшого за обсягом процесу KDD. Інтелектуальний аналіз даних включає перетворення даних на інформацію або факти про домен, описаний базою даних. KDD — це процес отримання інформації вищого рівня шляхом аналізу даних і

перетворення цієї інформації в знання (ідеї та переконання про домен) через інтерпретацію інформації та поєднання наявних знань.

KDD заснований на уявленні, що інформація прихована в дуже великих базах даних у формі певних цікавих закономірностей (патернів). Це не випадкові властивості та зв'язки, які є **дійсними, новими, корисними** і в кінцевому підсумку **зрозумілими**. **Дійсний** в цьому контексті означає, що закономірність є достатньо загальною, щоб застосовувати її до нових даних; а не просто аномалія поточних даних. **Новизна** означає, що закономірність нетривіальна і несподівана. **Користь** означає, що модель має призвести до деяких ефективних дій, наприклад, до успішного прийняття рішень або підтвердження результатів наукового дослідження. Зрештою **зрозумілість** означає, що закономірність повинна бути простою і зрозумілою для людей.

KDD виходить за межі традиційної статистики, і враховує закономірності, що зазвичай не піддаються статистичному аналізу. Статистика зазвичай передбачає невелику і чисту (безшумну) числову базу даних, відібрану з великого обсягу у відповідності з цілком конкретними питаннями, що дослідник або науковець має на увазі. Багато статистичних моделей вимагають суворих припущень (наприклад, незалежність, стаціонарність основних процесів і нормальність). На відміну від них дані, які збираються та зберігаються в багатьох базах даних підприємства, містять шуми, є нечисловими та є неповними. Ці дані також збираються у відкритий спосіб без формулювання конкретних запитань (*Hand 1998*). KDD охоплює принципи та методи статистики, машинного навчання, розпізнавання образів, числового пошуку, і наукова візуалізація для розміщення нових типів даних і обсягів даних генеруються за допомогою інформаційних технологій (рис. 3.7).

Отже KDD базується більшою мірою на індукції (отриманні висновків на основі фактів і подальша побудова деякої гіпотези) ніж традиційний статистичний аналіз.

Натомість статистичний аналіз є складовою більш широкого дедуктивного процесу науки. Статистичні моделі вимагають від аналітика вказати певну гіпотезу (модель) апіорі на основі певної теорії, перевірити цю гіпотезу і, можливо, переглянути теорію в залежності від результатів.

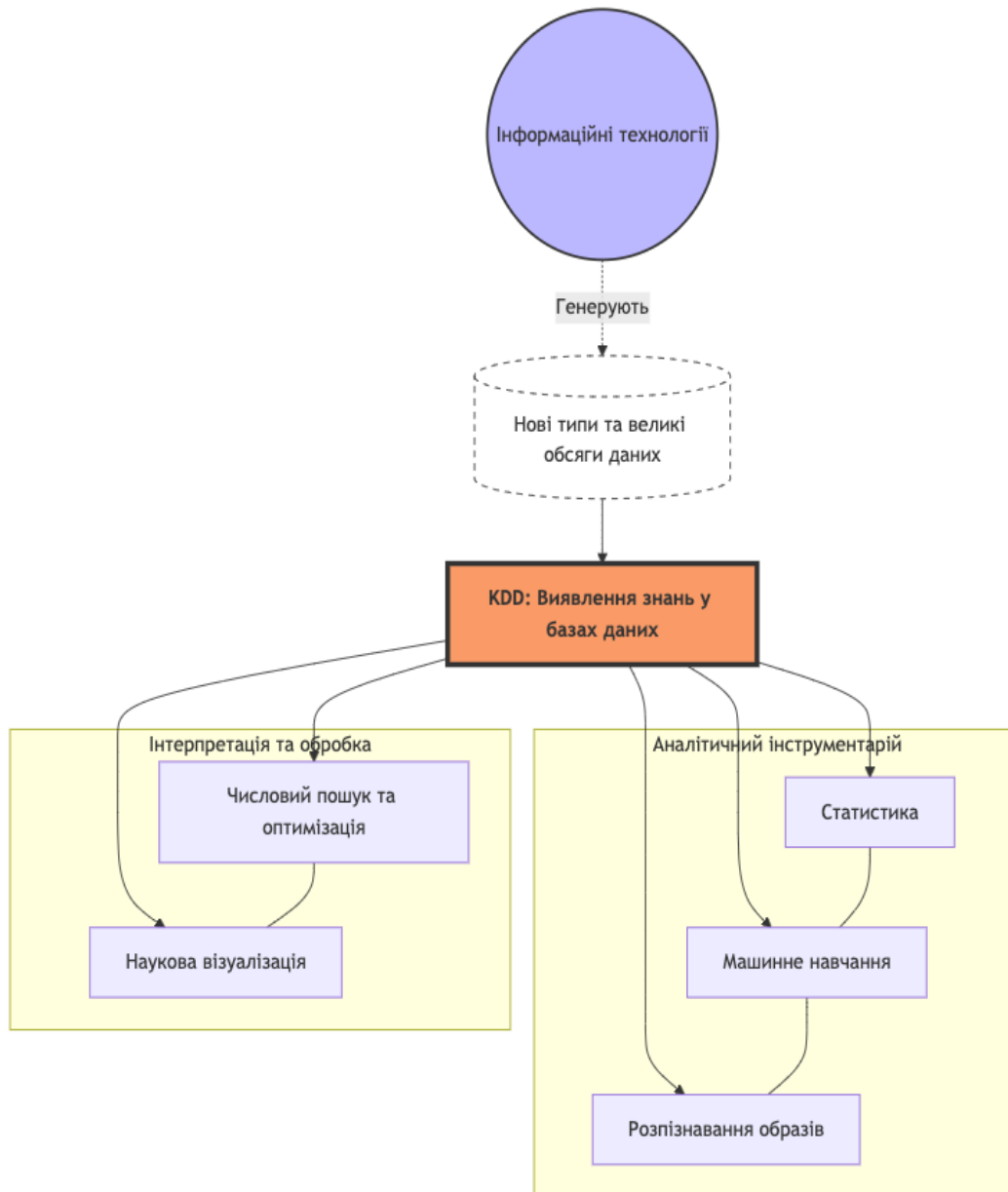


Рис. 3.7. Співвідношення методів опрацювання даних (авторська розробка)

Натомість приховані, імпліцитні, неочевидні закономірності, які шукають у процесі KDD, складно або навіть неможливо вказати апіорі, принаймні з будь-яким ступенем повноти (Elder i Pregibon 1996; Hand 1998). Отже якщо інформація, яка шукається, може бути тільки нечітко описане заздалегідь, KDD є більш доречним, ніж статистика (Adriaansma Zantinge 1996).

Видобування знань із баз даних (KDD) складається з таких етапів (рис. 3.8).

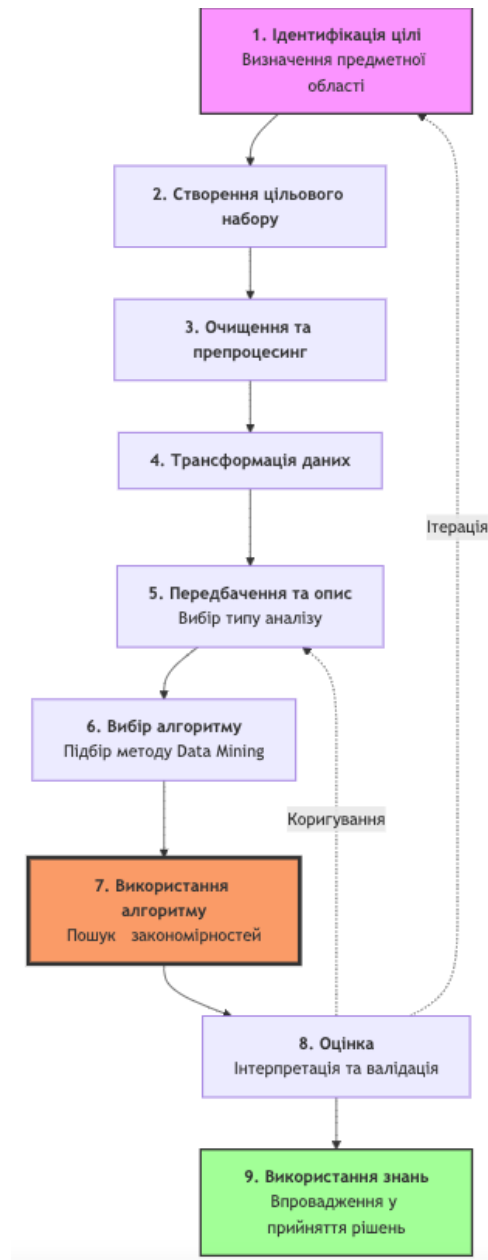


Рис. 3.8. Етапи видобування знань із баз даних (авторська розробка)

Наведемо стислий та відредагований опис етапів KDD.

Процес починається з **ідентифікації цілі**, що передбачає глибоке розуміння предметної області та визначення мети аналізу з позиції кінцевого замовника. Наступним кроком є **створення цільового набору даних**, де фахівці фокусуються на конкретних змінних або зразках, що стануть фундаментом для майбутнього відкриття. Важливе місце посідає **очищення та попередня обробка**, під час якої усуваються шуми, заповнюються пропущені поля та враховуються часові послідовності для

забезпечення якості моделювання. **Трансформація даних** дозволяє оптимізувати кількість ознак через методи зменшення розмірності або функціональні перетворення атрибутів, що полегшує пошук інваріантних представлень.

Етап **передбачення та опису** визначає стратегію аналізу, обираючи між контрольованим навчанням для прогнозів та навчанням без нагляду для візуалізації структур. Після цього відбувається вибір з переліку методів Data Mining, де на основі принципів метанавчання підбирається найбільш підходящий, наприклад, нейронні мережі або дерева рішень. Безпосереднє використання алгоритмів часто потребує ітераційного підходу з багаторазовим коригуванням параметрів до отримання задовільного результату.

На стадії **оцінювання** проводиться інтерпретація виявлених шаблонів та перевірка їхньої надійності щодо початкової мети, що може вимагати повернення до етапів обробки даних. Фінальним етапом є **використання виявлених знань**, коли отримані моделі інтегруються в системи прийняття рішень для практичного впровадження. Ефективність усього процесу KDD визначається здатністю знань адаптуватися до реальних умов, де статичні «лабораторні» дані змінюються динамічними потоками з новими атрибутами та структурами.

Нижче наведемо завдання і технології інтелектуального аналізу даних (таблиця 4) (*Harvey та Jiawei, 2009*)

Таблиця. 4. Завдання і технології інтелектуального аналізу даних

Тип знань	Опис	Методи
Сегментація або кластеризація	Визначення скінченного набору неявних груп, які описують дані	Кластерний аналіз
Класифікація	Передбачити мітку класу, до якої належить набір даних, на основі деяких навчальних наборів даних	Баєсова класифікація Індукція дерева рішень Штучні нейронні мережі Метод опорних векторів (SVM)

Асоціація	Пошук відносин між наборами елементів або передбачення значення деяких атрибутів на основі значення інших атрибутів	Правила асоціації Баєсові мережі
Відхилення	Пошук елементів даних, які демонструються незвичайні відхилення від очікування	Кластеризація, методи виявлення викидів, аналіз еволюції
Визначення трендів та регресійний аналіз	Лінії та криві, що узагальнюють набори даних	Регресія та видобування шаблонів (паттернів) послідовностей
Узагальнення (генералізація)	Компактні описи даних	Зведені правила

KDD більш природно вписується на початковій стадії дедуктивного процесу, коли дослідник формує або модифікує теорію на основі впорядкованих фактів і спостережень реального світу. У цьому сенсі KDD відноситься до інформаційного простору мікроскопів, ДЗЗ, KDD — це інструмент для дослідження доменів, які надто складні для сприйняття людиною. Для пошуку у великій інформаційній *пустелі* ([Harvey та Jiawei, 2009](#)), KDD допомагають виявити закономірності. Після цього до справи долучається статистика щойно закономірність виявлена.

Інфраструктурою, що лежить в основі процесу KDD, є сховище даних (Data Warehouse, DW). DW — це сховище, яке інтегрує дані з однієї або кількох вихідних баз даних. Феномен DW є результатом кількох технологічних та економічних тенденцій, зокрема зниження вартості зберігання та обробки даних, а також зростання цінності інформація в бізнесі, державному та науковому середовищі. Зазвичай DW існує для підтримки прийняття стратегічних і наукових рішень на основі комплексного, спільного інформації, хоча DW також використовуються для збереження застарілих даних для відповідальності та іншого цілі ([див. Jarke et al. 2000](#)).

Уведений до вжитку у 1990-х роках термін «інтелектуальний аналіз даних», — це еволюція сектора з великою історією. Ранні методи визначення закономірностей у даних включають теорему Байєса (1700 -і роки) (рис. 3.9) та еволюцію регресії (1800 -ті роки). Знаменита теорема викладається в його роботі "An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances" (1763). Байєс першим показав можливість епістемічної інтерпретації ймовірності та довів окремий випадок теореми, що дозволяє оцінювати ймовірність гіпотези на підставі нових даних, яка пізніше отримала його ім'я. Згодом П'єр-Сімон Лаплас розробив загальну версію теореми та використав її для вирішення проблем небесної механіки, медичної статистики та юриспруденції (Stigler, 1986).



Рис. 3.9. Томас Байєс (Thomas Bayes; 1702 -1761)
— британський математик

Розвиток і зростаюча потужність інформатики сприяли розширенню збору даних, їх зберігання та маніпуляції, оскільки набори даних мають широкий розмір і рівень складності. Явне практичне дослідження даних поступово вдосконалювалося за допомогою непрямой автоматичної обробки даних та інших відкриттів інформатики, таких як нейронні мережі, кластеризація, генетичні алгоритми (1950-ті), дерева рішень (1960-ті) та допоміжні векторні машини (1990-ті). Витоки інтелектуального аналізу даних простежуються до трьох сімейних ліній: класичної статистики, штучного інтелекту та машинного навчання.

Наведемо приклади використання KDD. В сфері міського управління і планування для пояснення та прогнозування частоти таких явищ, як дорожньо-транспортні пригоди в географічно різних об'єктах, таких як переписні ділянки або ділянки доріг використовують **Марковський ланцюг Монте-Карло (МСМС)** (Bansal et al., 2021). В роботі (Aswi et al., 2018) ідентифіковано та порівняно різні просторові та просторово-часові методи байєсівського моделювання, поширення лихоманки денге (ДГ). Стосовно небезпеки мешканців у місті байєсівське багатовимірне

просторове моделювання частоти аварій за тяжкістю травм вдень і вночі в зонах аналізу дорожнього руху здійснене (Zeng et al., 2022).

Отже інтелектуальний аналіз міських даних у геоінформаційних системах (ГІС) є потужним інструментом для прийняття обґрунтованих рішень у міському плануванні та управлінні. Завдяки інтеграції просторових даних з сучасними аналітичними методами, такими як машинне навчання та статистичний аналіз, можна виявити приховані закономірності та тренди в міських процесах. Це дозволяє не лише оптимізувати використання ресурсів, але й покращити якість життя мешканців, забезпечуючи більш ефективне управління інфраструктурою, транспортом і соціальними послугами. У результаті, інтелектуальний аналіз міських даних стає ключовим елементом у формуванні розумних міст, де технології служать для підвищення ефективності та стійкості міського середовища.

Перелічимо методи **інтелектуального аналізу (Spatial Data Mining / GeoAI)**. Вони використовують статистичні моделі та алгоритми машинного навчання, щоб відповісти на запитання: «Чому це відбувається?» та «Що буде далі?». Вони шукають неявні патерни у великих масивах даних. Назвемо ряд таких методів.

Аналіз точкових патернів передбачає визначення характеру розподілу об'єктів (випадковий, регулярний чи груповий).

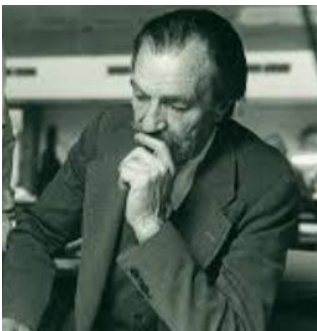
Просторовий кластерний аналіз передбачає виявлення зон концентрації подій (наприклад, «гарячі точки» ДТП або осередки захворювань).

Регресійний аналіз (GWR) спрямований на вивчення залежностей (наприклад, як близькість до парку та метро апроксимує ціну на нерухомість у різних районах міста).

Класифікація та розпізнавання – це автоматичне виявлення незаконних забудов або змін рослинності на основі супутникових знімків (використання нейромереж).

Прогнозування (Predictive Modeling) концентрує увагу на моделювання розростання міста або навантаження на електромережі в майбутньому на основі історичних даних.

Аналіз просторових розподілів (патернів)



«Кожен просторовий патерн — це відбиток процесу, який його створив. Вивчаючи форму розподілу, ми розгадуємо механіку самого життя міста». — Ян Мак-Гарз (автор «Design with Nature»).

Іноді нас цікавить лише факт виникнення подій, а не пов'язані з ними значення. Наприклад, у випадку злочину важливо знати його місце, а не тип злочину чи завдану шкоду. Або ж нас можуть цікавити місця росту дерев, а не їх висота. У таких випадках говорять про аналіз точкових патернів. Для цієї мети розроблено різні методи.

У ГІС цей підхід називається **Spatial Point Pattern Analysis (SPPA)**. Тут ми розглядаємо точки не як носії атрибутів (що це за дерево?), а як результат певного просторового процесу (чому дерево виросло саме тут?).

Для цього зазвичай використовують три групи методів:

Методи щільності (Density-based) вимірюють, наскільки "густо" розташовані події в певній області. Зокрема, Kernel Density Estimation (KDE) створює безперервну поверхню («теплову карту»), яка показує інтенсивність подій. Це ідеально для аналізу злочинності (hotspot analysis). Використання методу **Quadrat Analysis** передбачає поділ території на сітку однакових квадратів, і підрахунок кількості точок у кожному. Порівнюючи реальну кількість із теоретичною (розподіл Пуассона), можна зробити висновок про характер патерну.

Ще одна група - **методи відстаней (Distance-based)** аналізують відстані між точками або від точок до довільних місць.

Так **Average Nearest Neighbor (ANN)** розраховує середню відстань від кожної точки до її найближчого сусіда. **Функції Ріплі (Ripley's K-function)** дозволяє оцінити патерн на різних просторових масштабах (наприклад, дерева можуть бути щільно рости в межах 10 метрів, але рівномірно розподілені в межах 1 кілометра).

Тести на випадковість (CSR — Complete Spatial Randomness) за основу мають нульову гіпотезу, яка стверджує, що події виникають незалежно одна від одної та з однаковою ймовірністю в будь-якій частині простору.

Основним завданням такого аналізу є визначення того, чи є розподіл точок випадковим, регулярним або маємо осередки з більшою щільністю (кластери).

Наведемо кілька прикладів застосування функції пошуку найближчого сусіда.

Бізнеси можуть використовувати цю функцію для **визначення оптимальних місць для відкриття нових магазинів**, аналізуючи, які з існуючих конкурентів знаходяться найближче до потенційних локацій.

Логістичні компанії можуть використовувати пошук найближчих сусідів для **оптимізації маршрутів доставки**. Наприклад, при плануванні маршрутів для вантажівок можна визначити найближчі склади або клієнтів, щоб зменшити витрати на паливо та час доставки.

Використовуючи дані про місцезнаходження клієнтів, компанії можуть застосовувати пошук найближчих сусідів для **сегментації клієнтської бази**. Це дозволяє виявити групи клієнтів, які живуть поблизу один від одного, допомагає у створенні цільових рекламних кампаній, які враховують географічну близькість до споживачів.

Пошук найближчих сусідів може бути використаний для **оцінки впливу нових інфраструктурних проектів** (наприклад, будівництва доріг або станцій метро) на бізнеси в околицях. Це дозволяє оцінювачам аналізувати потенційну зміну ціни нерухомості відповідно до змін у доступності.

Застосування статистичного оброблення відстаней до найближчого сусіда дозволяє зробити висновки про патерн розташування множини точок: випадковий, розсіяний або кластерний. Тому що можемо сказати, наскільки близько розташовані точки і наскільки близько вони повинні бути розташовані, щоб вважатися такими, що відповідають якомусь патерну.

Просторова оптимізація

Часто в муніципальних ГІС виникає завдання пошуку математично обґрунтованого розташування об'єктів для максимальної ефективності обслуговування населення. Класичним прикладом є задача про 1-центр (мінімаксна задача), мета якої — знайти таке місцеположення об'єкта, щоб максимально можлива відстань до найвіддаленішого споживача була мінімальною. Цей підхід є критичним для розміщення служб екстреної допомоги, таких як пожежні депо чи станції швидкої допомоги, де час доїзду до найвіддаленішої точки міста має вирішальне значення.

На відміну від поодиноких об'єктів, задачі розміщення багатьох центрів (p-медіанні або p-центрові задачі) передбачають одночасне визначення локацій для цілої мережі пунктів, що мають рівномірно охопити територію. У дослідженні (*Mohamed, et al. 2015*), присвяченому розміщенню супермаркетів у ОАЕ, продемонстровано методику інтеграції різних типів просторових даних для прийняття таких рішень. Автори обґрунтовують використання точкових об'єктів (наявні конкуренти), лінійних шарів (транспортна доступність), полігонів (щільність населення та купівельна спроможність) і растрових зображень (аналіз рельєфу та землекористування) як комплексних критеріїв вибору оптимальних ділянок.

Критерії розміщення нових торгових центрів у сучасній моделі просторової оптимізації базуються на комплексному аналізі факторів, де ключову роль відіграє транспортна доступність, що визначається максимальною близькістю об'єкта до основних магістралей та вузлів зупинок громадського транспорту. Важливим складником є демографічний аналіз території, який дозволяє оцінити реальну кількість потенційних клієнтів, що проживають або працюють у межах пішохідної чи транспортної зони доступу тривалістю від 5 до 15 хвилин.

Окрім оцінки попиту, модель враховує конкурентне середовище з метою мінімізації просторового перекриття зон впливу з уже існуючими торговельними закладами, що забезпечує раціональний розподіл ринку. На завершальному етапі аналізуються технічні обмеження, які включають перевірку наявності вільних земельних ділянок необхідної площі та можливість їх швидкого підключення до магістральних інженерних комунікацій міста.

В роботі (*Hirsch et al 2016*) автори досліджують використання ГІС для аналізу структури орендарів на торговельному майданчику (таблиця 5), зокрема аналізу розміщення установ роздрібно́ї торгівлі, концентрацію різних категорій магазинів, потоки клієнтів. Авторами виявлено просторову концентрацію магазинів продуктів, товарів для здоров'я, одягу та зміну їх співвідношення залежно від відстані від центральної точки торгового центру, визначити області високого чи низького рівня («мертві точки») уваги відвідувачів.

Таблиця 5. Критерії розміщення нових торгових центрів

Шар	Причина використання даних
Населення	Вибрати район з високою щільністю
Існуючі торгові центри	Вибрати нове місце, досить віддалене від існуючих торгових центрів
Дороги	Бути біля основної дороги
Промисловість	Уникати близькості до промислових зон
Комерційна зона	Бути в/біля комерційної зони
Житлова зона	Близькість до житлової зони
Долина	Виключити з нової локації (ризик повені)
Аеропорт	Бути далеко від аеропорту
Поліцейський відділок	Бути біля поліцейського відділку
Пожежна частина	Бути біля пожежної частини
Висота (гора)	Виключити високі та низькі райони, щоб уникнути ерозії

Генетичні алгоритми

Генетичні алгоритми (ГА) становлять важливу частину еволюційних обчислень⁴ і базуються на принципах природного відбору та генетики для пошуку оптимальних рішень у складному просторі параметрів. Робота алгоритму починається з етапу ініціалізації, під час якого створюється початкова популяція випадкових рішень, що згодом проходять процедуру оцінки за допомогою функції придатності для визначення їхньої якості. Процес еволюції триває через механізм вибору кращих екземплярів для репродукції, після чого етапи схрещування та мутації дозволяють комбінувати батьківські ознаки та вносити випадкові зміни для підтримки генетичної різноманітності. Завершується цикл замінюванням старої популяції новою, що ітераційно веде до знаходження глобального оптимуму.

⁴ напрям у штучному інтелекті, який використовує механізми природної еволюції для розв'язання складних задач оптимізації та моделювання

Ефективність такого підходу в геоінформаційних системах детально проаналізована у праці (*Van Dijk, ma in., 2002*), де генетичні алгоритми застосовуються для вирішення однієї з найскладніших задач картографії — автоматичного розміщення підписів. Оскільки прямий перебір усіх можливих варіантів розташування назв об'єктів є обчислювально неможливим через величезну кількість комбінацій, ГА дозволяє знайти найкращу конфігурацію на основі набору пріоритетних правил. Зокрема, алгоритм намагається розмістити підпис у найбільш бажаному положенні, яким традиційно вважається верхній правий кут відносно пунсону міста.

При моделюванні враховується ієрархія об'єктів, де назви мегаполісів та великих міст виділяються більшим шрифтом і мають пріоритет над звичайними населеними пунктами. Спеціальні умови алгоритму гарантують, що підписи стратегічно важливих центрів, як-от Вашингтон, або категорій «мега-міст» завжди залишатимуться на карті, навіть за умови значного перевантаження простору. Водночас для забезпечення читабельності системи ГА автоматично видаляють менш значущі назви, якщо вони конфліктують із пріоритетними об'єктами, що дозволяє створювати візуально збалансовані та інформативні муніципальні карти в автоматичному режимі.

Жадібні алгоритми

Жадібні алгоритми (ЖА) займають особливе місце в інструментарії муніципальних ГІС завдяки своїй простоті та високій швидкості виконання. Основна стратегія цього підходу полягає у прийнятті найкращого локального рішення на кожному окремому кроці без урахування глобальних наслідків для всієї системи. Процес починається з етапу ініціалізації, де визначається початковий стан задачі, після чого алгоритм циклічно здійснює вибір найбільш вигідного варіанта в даний момент. Кожен такий крок супроводжується оновленням поточного стану системи, і процес триває доти, доки не буде досягнуто кінцевої мети або виконано умови завершення.

Одним із класичних прикладів застосування жадібної стратегії в геоінформаційних системах є розв'язання задачі побудови мінімального кістякового дерева (Minimum Spanning Tree) за допомогою алгоритму Пріма. Як зазначають (*Dutta, ma in., 2014*), розробка спеціалізованих ГІС-інструментів на основі цього алгоритму дозволяє ефективно проектувати інженерні мережі — водопроводи, лінії електропередач або

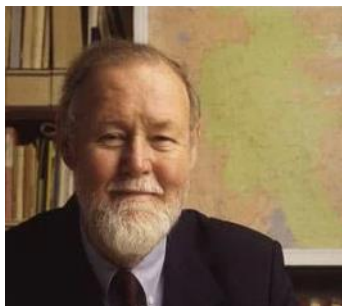
волоконно-оптичні кабелі — з мінімальними витратами на довжину комунікацій. Алгоритм Пріма на кожному кроці «жадібно» приєднує до існуючої мережі найближчий вузол, що ще не входить до неї, забезпечуючи швидке та логічне формування топології мережі.

У сфері просторового планування та зонування територій жадібні алгоритми трансформуються у більш складні ітераційні форми. Фахівці (*Porta ma in., 2013*) описують використання ітераційного жадібного алгоритму для делімітації та функціонального зонування сільських поселень. У цьому випадку алгоритм допомагає автоматизувати процес визначення меж населених пунктів, крок за кроком приєднуючи земельні ділянки, що найбільше відповідають заданим критеріям (щільність забудови, близькість до центру тощо). Хоча жадібні методи не завжди гарантують отримання абсолютно кращого (глобально оптимального) рішення, їхня здатність швидко генерувати якісні та життєздатні варіанти робить їх незамінними для оперативного управління великими масивами муніципальних геоданих.

Питання для самоперевірки знань

- 1) У яких випадках для створення цифрової моделі поверхні слід обирати апроксимацію замість точної інтерполяції?
- 2) Чим інтелектуальний аналіз (Spatial Data Mining) принципово відрізняється від звичайних ГІС-операцій на кшталт оверлею чи буферизації?
- 3) Який метод на Вашу думку найкраще підходить для автоматичного виявлення «гарячих точок» (кластерів) у просторовому розподілі міських подій?
- 4) Чому для розв'язання складних логістичних задач у мережевому аналізі використовують еволюційні обчислення, а не звичайний пошук найкоротшого шляху?
- 5) Чому для верифікації результатів ГІС-аналізу критично важливо оприлюднювати повний набір дослідницьких артефактів (код, дані та параметри)?

3.3. ТЕМАТИЧНІ БЛОКИ МУНІЦИПАЛЬНОЇ ГІС



«Структура ГІС подібна до нервової системи: дані — це відчуття, програмне забезпечення — це мозок, а люди — це свідомість, що приймає рішення». — Роджер Томлінсон

Планування територій як вид діяльності визначається як складний багатогранний технологічний процес. На рішення, що приймаються в цьому процесі, впливають природні, економічні, демографічні, планові, технічні, управлінські та інші фактори (*Ustinovichius et al, 2011*). Фахівці вирізняють принаймні три точки зору на планування: економічна, соціальна та екологічна. Збалансованість цих трьох підходів становить основу концепції сталого розвитку (sustainable development) в межах території міста.

Зважаючи на це можна запропонувати орієнтовну модульну структуру муніципальної ГІС, яка складатиметься з таких елементів:

- 1. Базова інформація про територію** (адміністративний устрій).
- 2. Урболандшафти та ресурси території** (урболандшафти, рельєф, історія освоєння території, земельні ділянки, відомості про їх власників, типи використання земель, обмеження використання землі, права власності, дані про ресурси поверхневих вод, зелені насадження, ґрунти та інші відомості, необхідні для управління ресурсами території в містах); **планувальний каркас та забудова** (інформація про забудову території, розташування будівель, та їхній стан, інженерні мережі, **транспортну інфраструктуру**, а також плани розвитку міста та інші відомості, пов'язані з плануванням та управлінням територією).
- 3. Дані про населення: розселення**, чисельність та структура населення, міграції, національний склад, мова, релігії, ринок праці, доходи та витрати
- 4. Гуманітарний розвиток та соціальна інфраструктура**, громадські послуги, освіту, охорону здоров'я, культуру та інші соціальні аспекти, які впливають на життя громади.
- 5. Економічний розвиток:** це дані про господарство, (промисловість, торгівлю, туризм, розвиток бізнесу та інші економічні аспекти місцевості).

6. Екологічна ситуація та охорона природи: це інформація про підземний простір, ґрунти, рельєф, рослинність, тваринний світ, ландшафти, природні ресурси, екосистеми, екологічний стан довкілля, охорону природи та інші екологічні аспекти, необхідні для ефективного управління природними ресурсами та охорони навколишнього середовища.

Конкретний набір цих елементів в конкретній МГІС залежить від задач, які вирішує замовник. Загалом його повнота забезпечує аналіз користувачами різноманітних просторових даних, що стосуються території міста, з метою ефективного управління та прийняття рішень.

3.3.1. Базова інформація про місто

Як вже зазначалося, до базової інформації про місто слід віднести такі набори даних:

а) **урболандшафти та ресурси території** (урболандшафти, рельєф, історія освоєння території, земельні ділянки, відомості про їх власників, типи використання земель, обмеження використання землі, права власності, дані про ресурси поверхневих вод, зелені насадження, ґрунти та інші відомості, необхідні для управління ресурсами території в містах);

б) **планування, забудова** (інформація про забудову території, розташування будівель, та їхній стан, інженерні мережі;

в) **транспортну інфраструктуру**, а також плани розвитку міста та інші відомості, пов'язані з плануванням та управлінням територією.

3.3.2. Урболандшафти та ресурси території

Наприкінці ХІХ ст. термін «Міський ландшафт» вперше вжито для позначення спеціального поняття у працях американського вченого Фредеріка Олмстеда (*Olmsted, 1863*), батька ландшафтної архітектури міст. Комілло Сітте (*Sitte, 1945*) у своїй книзі «Планування міста відповідно до художніх принципів» описує місто як велику мистецьку виставку.

Ле Корбюзьє (*Le Corbusier, 1923*) визначає чотири основні зони для міста: житлову, промислову, комерційну та транспортної інфраструктури.

Багато дослідників розглядають місто не просто як фізичний механізм, а й об'єктом, залученим до соціального процесу, завдяки людям, які його сформувавши (*Keshtkaran 2019*).

Новіша група теоретиків розглядає місто як продукт природи, його розглядають і оцінюють як частину екосистеми з потужною присутністю людини (*Steiner, 2002*).

Міські ландшафти розглядаються фахівцями як такі, що складаються з чотирьох компонентів: забудоване (антропогенне) середовище, громадські простори, природні ресурси та результати діяльності людини.

Забудоване середовище - це різні споруди: будівлі, дороги мости, тунелі, а також інфраструктура, (водогін, каналізаційні мережі, лінії електропостачання, зв'язку тощо). Забудоване середовище також охоплює елементи дизайну міського ландшафту; різні форми та розміри будівель, тип вуличних меблів чи декору, розміщення творів публічного мистецтва. Дизайн міського ландшафту формується завдяки рішенням архітекторів, планувальників і політиків.

Громадські простори - це відкриті території, доступні для використання громадою; парки, площі, вулиці та тротуари. Ці простори можуть використовуватися для рекреаційних заходів, як місце збору людей або як місце для спеціальних заходів. Громадські простори важливі для міського ландшафту, оскільки вони надають людям місце для відпочинку та взаємодії з іншими людьми і можуть сприяти соціальній згуртованості в містах.

Природні умови і ресурси міст є важливою частиною будь-якого міського ландшафту і включають власне територію, рельєф, гідрографію (річки, озера, водно-болотні угіддя), зелені насадження (ліси, лісопарки, сквери, газони). Природні ресурси забезпечують людям необхідні послуги; таких як чисте повітря, чиста вода та місця для відпочинку. Наявність природних ресурсів також приносять переваги міським ландшафтам, надаючи джерело краси та покращуючи загальну придатність для життя в містах.

Головним ресурсом є **територія міста** як така. Різні міста забезпечені цим ресурсом по-різному. Також по-різному територія може використовуватися. Нажаль, є багато випадків коли територія використовується нераціонально. Великі площі захаращені, зайняті несанкціонованими звалищами відходів, заростають бур'яном та чагарниками тощо. Задача муніципальної влади забезпечити благоустрій, раціональне використання цих територій, якщо треба

ініціювати зміну власника чи орендаря і використати цю територію для забудови або облаштування громадських просторів.

Відомості про рельєф території є основою для прийняття більшості управлінських рішень. Території ярів, балок, схили пагорбів незручні для будівництва, проте можуть бути успішно використані для зелених насаджень, рекреаційних цілей. Використання даних про рельєф у муніципальній ГІС може бути корисним для різних цілей, таких як: а) оцінювання кутів нахилу схилів та ерозійної небезпеки; б) планування розміщення інфраструктурних об'єктів, таких як будинки, дороги, мости тощо

Дані про рельєф, зокрема, хмари точок можуть бути отримані за допомогою технологій аерофотознімання, лідарних знімачів тощо. Такі дані відіграють важливу роль у муніципальних ГІС, забезпечуючи важливі відомості для прийняття рішень та ефективного управління територією. Зокрема вони можуть бути використані для оцінювання водних ресурсів міста, зони затоплення; г) оцінити зони видимості тощо.

Прикладом відкритих даних про рельєф є ресурс <https://opentopography.org/> на якому у вільному доступі викладено набори даних про рельєф, переважно для території США.

Наслідки діяльності людини можуть як позитивно, так і негативно відобразитися в міському ландшафті. Всі види діяльності: транспорт, промисловість і торгівля, необхідні для функціонування міст, але також можуть призвести до забруднення та інших дисбалансів у міському середовищі. У той же час людська діяльність додає естетичну красу містам.

Прикладом можуть бути карти естетичних характеристик ландшафтів в Китаї (*Qian ma in, 2022*) та муніципалітетах Європейських Альп (*Schirpke, ma in 2021*) та Іспанії (*Casado-Arzuaga, ma in., 2014*). Естетична цінність ландшафтів є важливим чинником ухвалення містобудівних рішень для найбільш ефективного використання території міст.

3.3.3. Функціональні зони і забудова

Широко використовується в літературі поняття *архітектурно-планувальної структури міста*, яке означає розміщення на його території зон для виробництва, житла, громадських центрів і центрів відпочинку, створення системи зв'язків між ними й структурною організацією кожної із зон.

Як вже зазначалося, в межах міської території розподіл функцій, що місто виконує, може утворювати певні просторові структури. Загальноприйнятою є ідея «міських функціональних районів» або «функціональних зон», в межах яких діяльність зосереджена переважно на забезпеченні функціях: проживання, роботи, транспорту та відпочинку (рис. 3.10).

Міські функціональні зони (рис. 3.10) визначені як території з

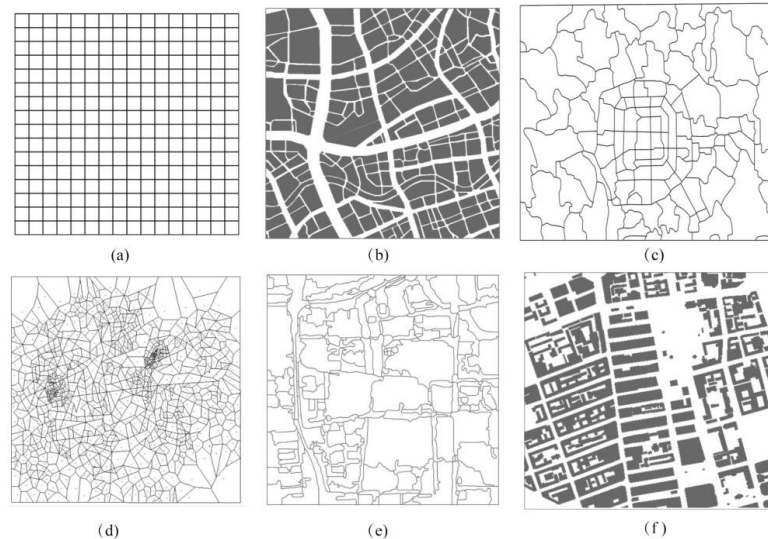


Рис. 3.10. *Одиниці ідентифікації функціональних зон (а) сітка, (б) квартал, (в) зона аналізу руху транспорту, (д) одиниця кластеризації, (е) геосцена, (ф) будівельна одиниця (Liu, et al 2021).*

подібним типом землекористування, його інтенсивністю, базовими цінами на землю та потенціалом землекористування в майбутньому (Liu, et al 2021).

Виявлення та аналіз міських функціональних зон має важливе значення в оптимізації просторових структур міської території, розподілі міських ресурсів, міському землекористуванні, виборі ділянок під нові підприємства та житло, оцінюванні ризику природних та техногенних катастроф тощо. Заслуговує на увагу аналіз літератури з питань функціонального зонування здійснений колективом авторів (Liu, et al 2021).

Як видно з рисунка при визначенні одиниць картографування, територія міста може бути поділена на: сітку з квадратними осередками; квартали неправильної форми з використанням міської дорожньої мережі; на основі міського транспортного потоку, враховуючи рельєф,

адміністративний поділ; одиниці кластеризації, такі як комірка Вороного, формується шляхом кластеризації даних; геосцена (оптимальна межа функціональної зони отримана шляхом багатомасштабної сегментації); будівлі як основний об'єкт міського простору (ідентифікацію функціональних зон можна здійснити шляхом визначення функцій будівель).

Повідомляють про поділ міст на функціональної зони за допомогою якісних методів (статистичних досліджень, анкетування та опитування експертів), які, проте є двоє трудомісткими.

Перспективним методом виділення функціональних зон є використання даних зображень дистанційного зондування. Такий підхід може надати детальну інформацію і сприяти моніторингу змін міського землекористування шляхом інтелектуального аналізу зображень ДЗЗ в різні періоди (*Huang та ін 2007*). Кластерний аналіз на основі просторових даних (дані про розміщення абонентів мобільних телефонів, дані про дорожній рух тощо) також використовується для поділу міста на функціональні зони. Можна назвати, зокрема, методи К-середніх, самоорганізаційні карти (Self-organizing map - SOM), моделі Гаусової суміші (Gaussian Mixture Model - GMM) та інші, що проаналізовані в роботі (*Liu, et al 2021*).

Також повідомляється про використання згорткових нейронних мереж (CNN ConvNet) для ідентифікації функціональних зон завдяки їх здатності виявляти особливості зображення ДЗЗ. Бао та ін. (*Bao et al, 2020*) використали Конволюційну нейронну мережу з більш глибокими функціями (Deeper-Feature Convolutional Neural Network DFCNN) у середовищі TensorFlow1.7. Зазначається її потенціал для визначення та аналізу функціонального зонування міста за дистанційними зображеннями. Отже використання геоінформаційних систем показало свою ефективність для планування територій міст, зокрема вивчення структури забудови.

Стрімкий розвиток краудсорсингових джерел геопросторових даних, зокрема проекту **відкритої карти вулиць** (Open Street Map - OSM), дозволяє великою мірою підвищити рівень деталізації відображення розселення до окремого будинку.

Для країн що розвиваються за відсутності державних топографічних карт достатньої деталізації, команди волонтерів створюють набори даних за даними ДЗЗ, насамперед для територій які зазнали стихійного лиха. Як приклад можна навести картографування міста Порт о Пренс після катастрофічного землетрусу на Гаїті.

Зважаючи на деталізацію на OSM різноманітної інформації про будівлі стає можливою створення серій карт, які показують вік будівель в містах. Вважається, що одним з перших, хто створив такі карти є Джастін Палмер. Він використав набір даних, який містив рік будівництва майже кожної будівлі в Портленді. Йому стало цікаво, скільки років будинкам у його кварталі. Замість того, щоб просто шукати в даних адреси своїх сусідів, він зробив таку карту (рис. 3.11).



Рис. 3.11 Вік будинків. Портленд, (Автор: Джастін Палмер)
<http://labratrevenge.com/pdx/#12/45.4800/-122.6706>

Він опублікував карту на своєму веб-сайті, і незабаром вона привернула увагу інших картографів. Цей досвід заохотив численних фахівців, зокрема, Марко Плахута дослідив зростання міста Любляна протягом останнього століття. Графік кількості будівель, що збудовані щороку, відображає зміни інтенсивності будівництва. Наприклад пік будівництва зафіксовано через чотири роки після сильного землетрусу в цьому районі в 1899 році, коли люди змогли відновити будівництво. Також можна на графіку побачити відбудови спостерігаються після двох світових воєн.

Зростання Амстердаму крізь часи (Amsterdam Growing Over Time) — приклад анімованої карти, яка показує, як місто Амстердам розвивалося та виросло з кількох будинків у 17 столітті в динамічне місто, яким воно є нині. Натиснувши кнопку відтворення, можна спостерігати, які будівлі додаються на карту в хронологічному порядку.

Деякі з будівель у базі даних, очевидно, є новими будівлями, які були побудовані в тому самому місці та замінили старі будівлі. Тому карта не

дає точної картини розвитку міста. Проте в Амстердамі є достатньо історичних будівель, щоб на анімованій карті можна було зрозуміти, як Амстердам розвивався протягом століть.

Досвід іноземних колег адаптувати і в Україні. Ганна Новгородова дописувачка та редакторка блогу 50northspatial, ГІС інженер у компанії Intetics Inc. <http://www.50northspatial.org/ua/building-age-maps/> зазначає, що першою для України карта віку будівель була зроблена для Києва. Ініціативна група киян створила карту за допомогою інформації з ріелторських сайтів та оголошень про купівлю та оренду. Нині карта доступна на порталі ЛУН. Також створена карта віку будівель, що їх Львівська міська рада виклала у вільний доступ, а спільнота ОСМ додала на карту. Візуалізація була виконана фахівцями фірми Intetics за допомогою open-source JavaScript бібліотеки для інтерактивних карт [Leaflet](http://leafletjs.com/). У якості підложки було використано растрові тайли OpenStreetMap, на яких будівлі відображені за віком. <https://www.wired.com/2013/10/building-ages-map-gallery/>

Цікавим рішенням щодо інвентаризації такої характеристики будинків як кількість поверхів є проект Роберта Уайта (*R. W. White*) що відображає будівлі м Ванкувер за висотою (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Ванкувер висота будівель
<https://maps.nicholsonroad.com/heights/>

Автор використав дані з відкритого каталогу даних і поєднав їх з темним стилем Open Street Map.

3.3.4. Критична інфраструктура

Європейський Союз визначає **критичну інфраструктуру** як системи, які мають важливе значення для підтримки життєво важливих соціальних функцій. Пошкодження критичної інфраструктури, її руйнування або порушення в результаті стихійних лих, тероризму, злочинної діяльності або зловмисної поведінки, може істотно негативно вплинути на безпеку ЄС і добробут громадян (*European Programme for Critical Infrastructure Protection, 2007*) (*European Council Directive 2008/114/EC*)

Згідно з положеннями Закону України "Про критичну інфраструктуру" **Об'єкти критичної інфраструктури**, — це підприємства та установи (незалежно від форми власності) таких галузей, як енергетика, хімічна промисловість, транспорт, банки та фінанси, інформаційні технології та телекомунікації (електронні комунікації), продовольство, охорона здоров'я, комунальне господарство, що є стратегічно важливими для функціонування економіки і безпеки держави, суспільства та населення, виведення з ладу або руйнування яких може мати вплив на національну безпеку і оборону, природне середовище, призвести до значних матеріальних та фінансових збитків, людських жертв.^[1]

В Україні питанню особливостей геоінформаційного моделювання критичної інфраструктури присвячено роботи Е. Бондаренка та Р. Шорохової. Зокрема автори ведуть мову про зміст та технологічні рішення щодо створення інтерактивних карт цієї тематики (*Bondarenko, Shorokhova, 2018*).

Для мешканців міста найважливішими є стан таких об'єктів критичної інфраструктури: доріг, каналів, водосховищ, портів, мостів, аеродромів, складів, енергетичного господарства, транспорт, зв'язку, водопостачання і каналізації, освіти, науки, охорони здоров'я.

Прийняття рішень щодо інфраструктурних проектів безсумнівно є складним політичним процесом. Наприклад, у середині 1950-х років федеральний уряд США взяв на себе активну роль у реконструкції міст. Завдяки цьому втручанню було вжито дій щодо зміни вигляду внутрішнього міста низки американських міст. У випадку якщо уряд не приділяє достатньої уваги питанням інфраструктури, зокрема запобіганню стихійним лихам, пов'язаним із погодою, економічні наслідки є катастрофічними (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Бразилія,
катастрофічна повінь у 2024. р
<https://www.youtube.com/watch?v=fj19wfnRrjI>

Перспективним є використання ГІС для об'єднання геоприв'язаної інформації про місцезнаходження зсувів із прогностичними моделями, щоб імітувати поширення небезпеки по території.

Отже завданням для будь якої МГІС є мінімізація ризиків, пов'язаних із планувальними та містобудівними помилками стосовно об'єктів критичної інфраструктури. У різних країнах ці помилки виникають з-за недостатнього урахування природно-кліматичних чинників, низької якості державної експертизи, проектної документації та результатів інженерних вишукувань, а також відсутності попереднього обговорення містобудівних документів.

3.3.5. Особливості відображення об'єктів зі спеціальним режимом використання та медико-географічний аналіз

В українському законодавчому полі офіційне поняття режимного об'єкта відсутнє, натомість цей термін використовується як розмовне означення територій, що мають особливе значення для державної безпеки. Такі об'єкти характеризуються спеціальними режимами охорони та розпорядку, що зумовлює специфіку їхнього відображення в інформаційних системах (Миколайчук, 2021). Згідно із Законом «Про державну таємницю», певні категорії територій повинні відображатися на картах у суворо встановленому порядку. До них належать місця розташування органів виконавчої влади з питань оборони, військові містечка, освітні заклади військового профілю, а також діючі та проектні пожежно-рятувальні підрозділи.

Паралельно з безпековими аспектами важливе місце в муніципальних ГІС посідає медична географія, яка досліджує

просторовий розподіл природних вогнищ хвороб, поширення небезпечних паразитів та патологій у структурі медичного обслуговування. Для ефективного виконання завдань міського управління критично важливим є картографування ділянок із ризиком патогенного зараження ґрунту, зокрема сміттєзвалищ, скотомогильників та цвинтарів. Такий аналіз також охоплює стан зелених насаджень у межах санітарно-захисних зон та територій з особливим режимом використання, що регулюється законодавством про охорону культурної спадщини.

Будівництво нових об'єктів на місці колишніх поховань створює комплекс етичних, екологічних та юридичних проблем, які необхідно враховувати при моделюванні міського розвитку. По-перше, порушення територій кладовищ викликає гострі питання поваги до пам'яті померлих та може спровокувати значне суспільне обурення. По-друге, будівельні роботи на таких ділянках несуть реальну загрозу забруднення ґрунтів і підземних вод продуктами розпаду або хімічними речовинами, що безпосередньо впливає на здоров'я та безпеку населення. Психологічний дискомфорт майбутніх мешканців та потенційні судові позови від родичів померлих створюють додаткові ризики, яких можна уникнути лише шляхом ретельного відображення таких зон у муніципальних ГІС.

Інтеграція даних про історичні поховання в сучасні цифрові моделі дозволяє пом'якшити можливі конфлікти та забезпечити дотримання міжнародних стандартів поводження з людськими останками. Прикладом успішного застосування такого підходу є комплексне дослідження меж Нового єврейського цвинтаря у Львові, де для точної ідентифікації території було використано аналіз архівних польських карт та інтерпретацію архівних аерофотознімків (*Ievsiukov et al., 2022*). Такий міждисциплінарний аналіз дозволяє перетворити архівні матеріали на дієвий інструмент сучасного просторового планування, що враховує як безпекові, так і гуманітарні аспекти міського життя.

3.3.6. Теоретичні підходи до визначення та соціальної ролі публічного простору

У сучасній урбаністиці виокремлюють чотири фундаментальні підходи до розуміння сутності публічного простору. Перший підхід трактує публічне як сферу державної діяльності, де простір виступає ареною для реалізації адміністративних функцій та владних повноважень. Другий підхід розширює це поняття, пов'язуючи

публічність із взаємодією держави та економіки, де простори стають платформою для забезпечення економічної активності. Третій підхід акцентує увагу на ролі громади та самоврядування, визначаючи публічний простір як середовище, у якому громадські асоціації встановлюють правила участі згідно з моральними цінностями та соціальними очікуваннями для забезпечення міжособистісної взаємодії. Згідно з четвертим підходом, публічність ототожнюється з відкритою комунікабельністю та самовираженням, що перетворює міські локації на майданчики для вільного обміну ідеями (*Staehele & Mitchell, 2007*).

Головною метою створення публічних просторів є забезпечення комфортного міського середовища для всіх категорій мешканців, проте реальна практика часто демонструє ознаки прихованої дискримінації. Антрополог Сета Лоу (рис.3.14) у своєму дослідженні громадських територій Північної та Південної Америки зазначає, що благоустрій територій нерідко обмежує доступ для окремих груп населення.



Рис. 3.14. Сета Лоу (*Setha Low*) професор психології та антропології середовища та керівник групи дослідників публічних просторів у вищій школі Міського університету Нью-Йорка.

У праці «На плазі: Політика суспільного простору та культури» (*Low, 2016*) вона детально аналізує етнографію «закритих» спільнот та демонструє, як культура безпосередньо впливає на формування громадських локацій. Дослідниця доводить, що фізична форма площі здатна кодувати складні соціальні та економічні відносини, трансформуючи політичні мітинги чи концерти просто неба на інструменти культурної ідентифікації латиноамериканських спільнот.

Аналіз таких просторів у межах муніципальних ГІС дозволяє не лише інвентаризувати фізичні об'єкти, а й моделювати соціальну інклюзивність міського середовища. Розуміння того, як архітектурна форма площі або скверу впливає на поведінку людей, допомагає міським планувальникам уникати створення ізольованих зон та сприяти розвитку відкритих комунікаційних майданчиків. Таким чином, публічний простір стає об'єктом складного міждисциплінарного

моделювання, що поєднує архітектурне проектування, соціологічні спостереження та цифрову аналітику для створення гармонійної міської екосистеми.

У сучасних урбаністичних дослідженнях гостро постає проблема трансляції громадянських інтенцій та соціального опору через дизайн суспільного простору. Протестна активність у міському середовищі проявляється у трьох основних формах, серед яких виділяють явний протест у вигляді демонстрацій чи присвоєння територій маргіналізованими групами, прихований протест як символічну боротьбу за архітектурну репрезентацію, та ритуальний протест через проведення парадів і карнавалів. Останні здатні тимчасово трансформувати соціальну структуру та звичні значення простору. Водночас міське середовище часто демонструє зворотну реакцію у вигляді «оборонної архітектури», де бетонні бар'єри, камери відеоспостереження та специфічний дизайн вуличних меблів обмежують вільне пересування та соціальну взаємодію відвідувачів.

Цінність етнографічних методів у розумінні місця детально розглядає Сета Лоу (*Low, 2016*) у праці «Spatializing Culture», де авторка пропонує концепцію просторової культури. Етнографічний аналіз дозволяє виявити приховані упередження, нерівність та соціальну ізоляцію, даючи мешканцям інструменти для осмислення середовища, у якому вони працюють і спілкуються. Українські дослідники (*Мезенцев та Денисенко, 2017*) також акцентують увагу на істотних трансформаціях публічних просторів в Україні, вказуючи на «множину траєкторій» розвитку. Це свідчить про неоднорідну динаміку та специфічну еволюцію просторів у різних регіонах країни, що зумовлено поєднанням географічного та соціокультурного різноманіття.

Важливою складовою міського середовища є його символічний ландшафт, який через архітектурні споруди, пам'ятники, мурали та топоніміку затверджує певну ідеологію або символізує історичні перемоги громади. Символічний ландшафт ніколи не буває нейтральним, оскільки він транслює певний дискурс, пов'язаний із політичними та культурними контекстами. Яскравим історичним прикладом є радянська практика маркування простору через масове тиражування назв вулиць на честь вождів, використання комуністичної символіки в оздобленні промислових гігантів, таких як Дніпрогес чи завод «Більшовик», та встановлення скульптур, що прославляли тріумф науки над природою.

Сучасні цифрові технології дозволяють глибше аналізувати ці структури, як це реалізовано у проекті «Traces» у Барселоні або в

дослідженні Джона Джонсона в Мілуокі (*Johnston, 1971*). Аналіз архітектурних стилів житлових будинків Мілуокі на основі муніципальних баз даних дозволив виявити візерунок концентричних кіл навколо центру, де кожен шар представляє характерну смугу стилів, що відображає зміну поколінь та історичних епох подібно до кілець на стовбурі дерева. Використання ГІС у таких дослідженнях дає змогу візуалізувати зв'язок між локацією ідеологічних об'єктів та іншою інфраструктурою міста, перетворюючи візуальні символи на структуровані дані для аналізу.

На завершення варто зазначити, що символічний ландшафт міста є не лише відображенням соціально-культурного контексту, а й потужним інструментом впливу на масову свідомість і сприйняття міста його мешканцями. Систематичне вивчення культурних традицій, етнічного складу та історичної пам'яті через призму геопросторового аналізу дозволяє виокремити саме ті об'єкти, які мають найбільшу ціннісну вагу для громади.

Інтеграція символічних та ідеологічних параметрів у муніципальні ГІС відкриває нові можливості для гуманітарного планування територій, де цифрова модель міста враховує не лише інженерні комунікації, а й складну мережу значень, що формують ідентичність сучасного урбанізованого простору. Приклад структури атрибутивної таблиці наведено у таблиці 6.

Таблиця 6. Структура атрибутивної таблиці шару будинків

Назва поля	Тип даних	Опис та призначення
1	2	3
ID_Object	Integer	Унікальний ідентифікатор об'єкта в базі даних.
Name_Current	String	Сучасна офіційна назва (вулиці, пам'ятника, будівлі).
Name_Historic	String	Історична назва або назва до декомунізації/деколонізації.
Object_Type	Picklist	Категорія: пам'ятник, меморіальна дошка, мурал, топонім, архітектурний ансамбль.

1	2	3
Era_Creation	Picklist	Період створення: дореволюційний, радянський (сталінський, модернізм), постмодерн, сучасний.
Ideological_Load	Picklist	Тип ідеології: імперська, комуністична, національно-визвольна, релігійна, космополітична.
Symbolic_Value	Integer (1-5)	Рівень значущості для громади (визначається соціологічними методами).
State_Condition	Picklist	Фізичний стан об'єкта: задовільний, потребує реставрації, під загрозою зникнення.
Conflict_Potential	Boolean	Наявність суспільних суперечок навколо об'єкта (Так/Ні).
Source_Link	URL	Посилання на архівний документ, фотографію або наукове дослідження.

Використання таких даних відкриває можливості для комплексного аналізу міського середовища. Зокрема, хронологічне моделювання дозволяє створювати динамічні анімації «нашарування» символів, наочно демонструючи, як різні історичні епохи та політичні режими послідовно змінювали візуальне й ідеологічне «обличчя» міських вулиць. Завдяки кластерному аналізу ідеологій стає можливим точне виявлення територіальних зон концентрації певних смислів, що дає змогу ідентифікувати «радянські ядра», «квартали національної пам'яті» чи інші ідейно цілісні фрагменти міської тканини.

Крім того, аналіз просторової доступності дозволяє оцінити ступінь інклюзивності середовища, визначаючи, наскільки рівномірно розподілені культурні та символічні активи між історичним центром та віддаленими периферійними житловими масивами.

3.3.7. Транспорт, зв'язок та інженерні мережі в муніципальній ГІС

Геоінформаційне моделювання є важливим інструментом *раціональної просторової організації міського транспорту* – науково обґрунтованого розміщення та взаємодії всіх його складових (шляхів

сполучення, рухомого складу, зупинок/станцій та інших об'єктів інфраструктури) з метою отримання позитивного ефекту від його діяльності (Савчук, Нагорний, 2018). Так само ГІС сприяє ефективному використанню мереж зв'язку та інженерних мереж в містах та громадах.

Моделювання транспорту та зв'язку в муніципальних геоінформаційних системах важливі для планування транспортних мереж і потоків та підвищення ефективності їх експлуатації (дороги, громадський транспорт, велосипедні маршрути, вантажопотоки, пасажиропотоки, потоки інформації). На основі просторових даних про територію, існуючі мережі, моніторингу транспортних потоків або трафіку фахівці можуть планувати створення нових об'єктів інфраструктури, оптимізувати транспортні потоки, зменшувати затори та покращувати доступність території міста.

ГІС допомагає динамічно відслідковувати рух громадського транспорту, регулювати транспортні потоки, наприклад світлофори за алгоритмом "зелена хвиля", оптимізувати необхідну кількість машин на маршрутах громадського транспорту для зменшення заторів, надавати мешканцям інформацію про маршрути, розклади та тарифи громадського транспорту, а також для планувати поїздки на машині, велосипеді або пішки, для планування евакуаційних маршрутів, координації дій екстрених служб та покращення загальної безпеки населення.

Дані про характеристики та функціонування мереж зв'язку (телефонних ліній, інтернет-кабелів, локальних мереж, стільникового зв'язку) можуть використовуватися для планування та експлуатації мереж зв'язку (виявлення та усунення несправностей, оптимізації трафіку та покращення загальної продуктивності мереж). Ці завдання виконуються в ГІС шляхом інвентаризації мереж та вузлів зв'язку за допомогою просторових баз даних в яких міститься детальна атрибутивна інформація що дозволяє використовувати, здійснювати ремонт, розширення та модернізацію мереж.

Моделювання транспортних систем в ГІС базується на просторових даних різного рівня складності (рис. 3.15) має такі особливості (Rodrigue, 2020):

1. Побудова моделі та введення даних полягає у формалізації уявлень щодо транспортної системи та її просторових компонентів. Слід передбачити для відображення мережеву топологію, що складається з вузлів і ребер. Атрибутивні дані сегменту дороги можуть містити: тип

покриття, ширину, кількість смуг, напрямок руху, реверсний рух у години пік, інтенсивність руху тощо.

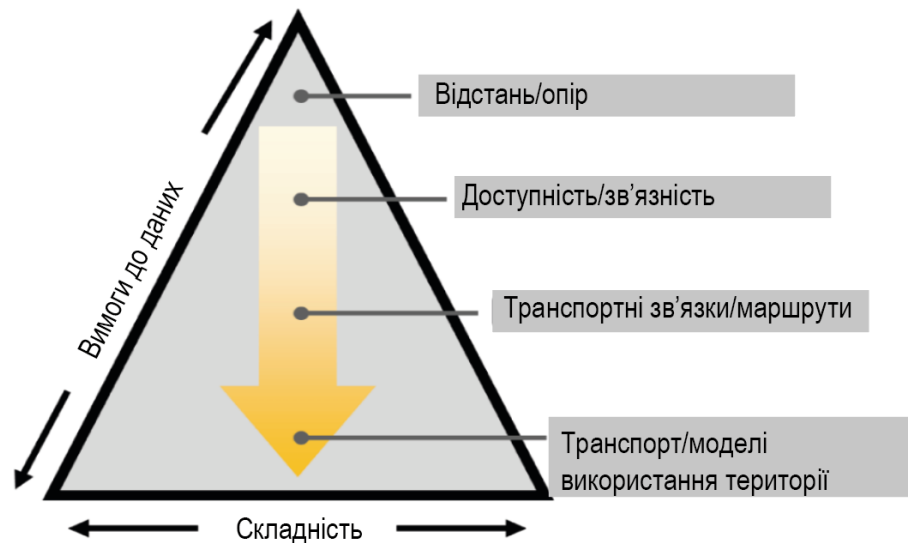


Рис. 3.15. Типи даних для моделювання транспорту
(Rodrigue, 2020)

2. Управління просторовими даними. Набори просторових даних при моделюванні транспорту крім традиційних об'єктів картографування (райони, одиниці перепису тощо), містить специфічні моделі мереж.

3. Аналіз транспортних мереж та потоків за допомогою ГІС передбачає застосування низки методів та інструментів: від запиту щодо елемента транспортної системи (наприклад, яка година пік руху на ділянці дороги?) до складної моделі, яка досліджує взаємозв'язки топологію та зв'язність мережі (наприклад, як новий сегмент дороги вплине на рух транспорту та розвиток землекористування в майбутньому?).

4. Картографічна візуалізація. Перевагою ГІС є можливості візуалізації як для просторових, так і для непросторових даних. Саме візуалізація є інструментом для інформування користувачів про приховані закономірності та взаємозв'язки (наприклад, потенційні взаємозв'язки між дорожньо-транспортними пригодами, крутизною віражу, станом дорожнього одягу та іншими характеристиками місцевості).

Інформація щодо класів (або шарів) лінійних об'єктів, відобразиться умовними знаками, пов'язаних з їхніми атрибутами у номінальній, порядковій, інтервальній шкалах

В ході моделювання транспорту фахівці (*Freksa, & Barkowsky, 2020*) розглядають окремо дороги та перехрестя як географічні об'єкти. Для проектування і моделювання транспортних систем, може бути зручно розглядати перехрестя доріг як основні об'єкти; тоді дороги можна розглядати як зв'язки (з'єднання) між ними. Для вирішення завдання навігації, наприклад, нам доведеться розглянути відносини між дорогами і перехрестями (*Freksa, & Barkowsky, 2020*).

Компанія ESRI в своїх програмних продуктах використовує поняття "геометричні мережі" та супутні логічні мережі, які використовуються для моделювання зв'язків між об'єктами.

Геометричні мережі складаються з двох типів елементів: Ребра (Edges) та З'єднання (Junctions).

Ребро (ланка) є об'єктом, що має довжину, через який протікає певний потік. Ребра створені із класів лінійних об'єктів у наборі класів об'єктів (водопроводи, лінії електропередач, газопроводи, телефонні лінії тощо).

З'єднання (вузол), - це об'єкт, що дозволяє з'єднати два або більше ребер, і сприяє проході потоку та ресурсів між ребрами. З'єднання створені із класів точкових просторових об'єктів у наборі класів об'єктів (запобіжники, перемикачі, крани та вентилі). Важливо, що ребра та з'єднання в мережі топологічно з'єднані між собою, і потік (наприклад, газ, вода, транспортні засоби), що тече з одного ребра до іншого, проходить через з'єднання.

Логічна мережа, - це граф зв'язності, який використовується для трасування та розрахунків потоку. Всі зв'язки між ребрами та з'єднаннями підтримуються в логічній мережі. Логічна мережа організована як набір таблиць, створених та підтримуваних базою геоданих (рис. 3.16).

Однією з найважливіших результатів геоінформаційного аналізу є показник доступності - прямий вираз мобільності людей, вантажів чи інформації. Відомо, що будь який потік прагне організуватися так щоб опір середовища був мінімальним. Добре розвинені та ефективні транспортні системи пропонують високі рівні доступності, а менш розвинені мають нижчий рівень доступності, доступність пов'язана з можливостями регіонального розвитку, є засобом оцінювання впливу

інвестицій у інфраструктуру та відповідної транспортної політики на регіональний розвиток.

Доступність — це міра пропускної здатності мережі, що забезпечує доступ до певної точки на території з інших місць

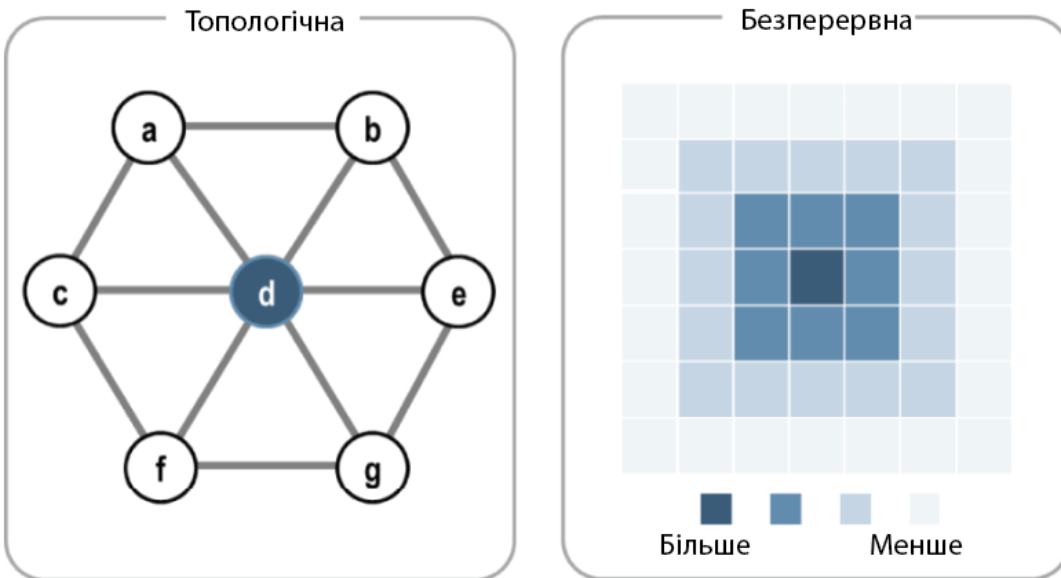


Рис. 3.16. Топологічна та безперервна моделі доступності (Rodrigue, 2020)

(Rodrigue, 2020). Пропускна здатність і конфігурація транспортної мережі є аргументами у визначенні функції доступності. Зважаючи на те, що всі вузли мережі не рівні за зручністю доступу, доступність є індикатором просторової нерівності. Як наслідок вартість нерухомості поблизу станцій метро вище ніж в інших місцях. Доступність функціонально пов'язана з відстанню між місцями. Відстань при цьому може бути виміряна лише тоді, коли є можливість зв'язати два місця за допомогою транспорту. Обмеженнями переміщення є «опір» або «тертя» простору, які виражають у категоріях відстані (кілометри), часу необхідного для подолання відстані, вартості переміщення або витраченої енергії.

Існують два підходи до моделювання доступності. Перший слід охарактеризувати з точки зору переміщення мережею, відомий як **топологічна доступність**. Він пов'язаний з вимірюванням доступності в системі вузлів і ребер (транспортна мережа). При цьому доступність є значущою лише для вузлів транспортної системи, таких як термінали (аеропорти, автовокзали чи станції метро).

Другий підхід стосується переміщення в будь-якому напрямку (наприклад для пішоходів), відомий як **безперервна доступність**, передбачає вимірювання доступності на поверхні. За таких умов доступність — це сукупна міра атрибутів кожного місця на заздалегідь визначеній відстані, оскільки простір тут розглядається як поле. Такий вид доступності також називають ізохронною доступністю, оскільки для доступу до певної території рівновіддаленої від початку витрачається однаковий час.

У сучасних дослідженнях міських систем доступність розглядається не просто як фізична близькість, а як багаторівнева характеристика зв'язності та ефективності мережі. Найпростішим рівнем аналізу є оцінка прямої зв'язності, де місто представляється у вигляді графа, що складається з вузлів (перехрестя, зупинки) та ребер (вулиці, маршрути). Для опису цієї структури використовується матриця зв'язності, у якій фіксується наявність або відсутність прямого сполучення між кожною парою точок. Підсумовування таких зв'язків для конкретного вузла визначає його ступінь, що вказує на кількість безпосередніх сусідів, з якими він межує.

Проте однакова кількість сусідів не гарантує однакових можливостей доступу до всієї мережі. Щоб зрозуміти реальну інтегрованість об'єкта, аналізують повну доступність, яка враховує не лише прямі, а й усі можливі опосередковані маршрути через інші вузли. Більш практичним підходом є використання індексу Шимбеля, який фокусується виключно на найкоротших шляхах. Оскільки люди в реальних умовах зазвичай обирають найменш тривалий маршрут, цей індекс дозволяє врахувати мінімальну кількість кроків або ланок, необхідних для досягнення всіх інших точок мережі з обраного місця. Коли цей аналіз доповнюється реальними фізичними відстанями між об'єктами, він перетворюється на матрицю значень графа, що дає змогу оцінити просторову віддаленість у кілометрах або метрах.

На основі цих розрахунків виводяться два ключові поняття: географічна та потенційна доступність. Географічна доступність визначає загальну зручність розташування об'єкта як середнє арифметичне всіх найкоротших відстаней від нього до інших точок міста. Чим меншим є цей сумарний показник, тим центральнішим та доступнішим вважається місце. У сучасних геоінформаційних системах це легко візуалізується через створення растрової сітки відстаней, де кожна комірка на карті отримує значення, що відображає її віддаленість від усіх цільових об'єктів.

Потенційна доступність є складнішою мірою, оскільки вона враховує не лише відстань, а й «вагу» або привабливість самих пунктів призначення. Це означає, що доступ до великого торгового центру чи густонаселеного району оцінюється вище, ніж до порожнього пустиря на тій самій відстані. Такий підхід дозволяє виокремити випромінювальну здатність місця (наскільки легко з нього виїхати) та його привабливість (наскільки легко до нього дістатися іншим). Саме потенційна доступність є найбільш наближеною до реальної поведінки мешканців, оскільки вона поєднує геометрію міста з його соціально-економічним наповненням, дозволяючи за допомогою ГІС моделювати реальні зони впливу та тяжіння міських об'єктів.

Для відображення **транспортних мереж** у муніципальних ГІС традиційно використовується спосіб лінійних знаків, що дозволяє візуалізувати просторову структуру сполучень. Важливим етапом моделювання є класифікація вулично-дорожньої мережі, яка впроваджує чітку ієрархію шляхів за допомогою візуальних перемінних: кольору, товщини ліній та типу штрихування. Така типізація дозволяє миттєво розрізнити магістральні вулиці загальноміського значення від житлових вулиць або внутрішньоквартальних проїздів, що є критичним для аналізу логістики та планування ремонтних робіт.

Вулиці в містах та автомобільні дороги поділяються на класи за кількома ознаками, серед яких найважливішими є адміністративне значення, розрахункова швидкість та кількість смуг руху. У ГІС-моделях це відображається через атрибутивні дані, де кожному сегменту дороги присвоюється певний ранг: від швидкісних магістралей безперервного руху до пішохідних зон. Такий підхід дає змогу не лише створювати візуально зрозумілі карти, а й проводити складні обчислення, наприклад, розраховувати пропускну здатність окремих ділянок мережі залежно від їхньої категорії.

На особливу увагу в структурі МГІС заслуговують лінії колійного транспорту, такі як трамвай, міська електричка, фунікулер та наземні ділянки метрополітену. На відміну від звичайних автошляхів, ці об'єкти потребують специфічного моделювання, оскільки вони мають жорстку прив'язку до колійної інфраструктури та графіків руху. У геоінформаційних системах їх часто виділяють в окремі інформаційні шари, що дозволяє аналізувати зони покриття зупинок та їхню доступність для мешканців різних районів.

Окремим аспектом моделювання є відображення інтермодальних вузлів — місць пересадки між різними видами транспорту. ГІС дозволяє

аналізувати зв'язність між залізничними станціями, зупинками трамваїв та автобусними терміналами, виявляючи «вузькі місця» у логістиці міста. Крім того, сучасні системи інтегрують дані про велоінфраструктуру та пішохідні зв'язки, що дозволяє створювати комплексні моделі мобільності. Таке багат шарове представлення транспортної мережі є незамінним інструментом для впровадження концепцій сталого розвитку, де пріоритет надається громадському та екологічно ощадному транспорту.



Рис. 3.17 - Карта зон обслуговування зупинок тролейбуса та маршрутних таксі у місті Біла Церква (Liashenko et al, 2022)

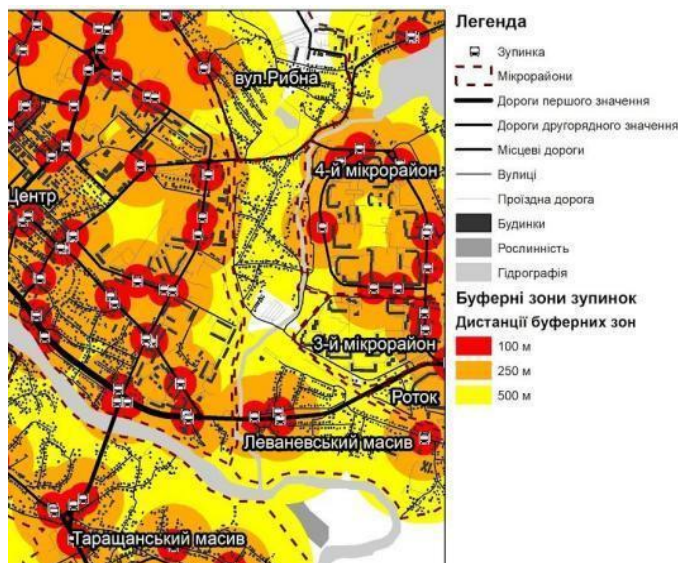


Рис. 3.18. Зони доступності зупинок у місті Біла Церква (Liashenko et al, 2022)

Моделювання транспортних мереж у МГІС забезпечує перехід від простої візуалізації дорожньої ієрархії до створення інтелектуальних

моделей мобільності, що враховують складну взаємодію індивідуального, громадського та колійного транспорту. Використання методів просторового аналізу та точної класифікації шляхів сполучення дозволяє муніципалітетам ефективно виявляти логістичні розриви, оптимізувати пасажиропотоки та закладати фундамент для розвитку стійкої інклюзивної інфраструктури міста.

Контрольні запитання для самоперевірки:

1. Що розуміють під терміном „граф”?
2. Які вершини графа називаються суміжними?
3. Які типи даних використовують для моделювання транспорту?
6. Які графи називаються орієнтованими?
7. Дайте визначення поняттю „цикл графа”?
8. Що таке матриця суміжності вершин графа?

3.3.8. Моделювання населення в муніципальних ГІС



«Картографування населення — це спроба надати людському обличчю територіального виміру, перетворивши суху демографію на живу географію суспільства». — Вільям Бунге (автор «Теоретичної географії»)

Моделювання розподілу населення на карті є фундаментальним завданням для будь-якої муніципальної геоінформаційної системи оскільки саме люди визначають попит на всі види міських послуг та інфраструктури. Сучасні методи просторового аналізу дозволяють відійти від традиційного представлення демографічних даних у адміністративних межах до створення детальних моделей щільності на основі сіток або мікрорайонів. Використання геостатистичних алгоритмів дає змогу муніципалітетам не лише фіксувати фактичне місце проживання громадян а й моделювати денні та нічні цикли міграції

населення що є критично важливим для планування громадського транспорту та розміщення екстрених служб.

Для завдань геоінформаційного моделювання міст важливо визначити просторову організацію взаємодії суспільства і природи на конкретній території. Інженери та управлінці завжди потребують знань про розміщення населення на певній території та використання їх в своїй діяльності.

Населення разом з іншими компонентами ландшафту (літосфера (земна кора), ґрунт, гідросфери, у тому числі поверхневих та підземних вод суходолу, рослинності та тварин (біосфери, атмосфери) є важливим елементом географічного простору.

В літературі також використовується поняття «соціальний» простір. За П. Сорокіним соціальний простір це народонаселення Землі. Евклідовий, геометричний простір — тривимірний, натомість соціальний простір багатовимірний, оскільки існують численні варіанти групування людей за соціальними ознаками (за приналежністю до держави, релігії, національності, професії, економічному статусу, політичним партіям, походженню, статті, віку тощо) *(Губерський та ін., 2009)*. Джерелом уявлень про соціальний простір є численні соціально-економічні дані - опис соціально-економічних показників на певній території, таких як рівень освіти чи зайнятості населення, його доходи, тощо.

З позицій географії поняття соціального простору детально проаналізовано, зокрема, Я. Олійником і А. Степаненком, О. Топчієвим, О. Шаблієм, Л. Немець та іншими авторами. На їхню думку **соціальний простір – це простір розвитку соціуму, соціальних подій** *(Браславська 2019)*.

Геоінформаційні системи допомагають отримати візуальне представлення соціального простору межах міст.

Ще однією важливою характеристикою населення є **якість життя**. В своїх публікаціях Ірина Гукалова *(Гукалова, 2018)* веде мову про якість життя як цільовий імператив концепцій міського розвитку. На основі понад 120 показників офіційної статистики розраховано індекси: розвитку економіки; соціальної спрямованості економіки; індекс сприятливості демосоціальної обстановки; індекс забезпеченості інфраструктурою і житлового благоустрою; напруженості екологічної ситуації; індекс ресурсоемності виробництва і комунального господарства; індекс сприятливості соціально-культурному розвитку *(Гукалова, 2018)*.

Можна висловити гіпотезу, що саме якість життя населення має розглядатися як мета муніципального управління та ключова ціль функціонування будь якого міста чи територіальної громади.

Говорячи про виклики, з якими стикається населення Джефрі Брукс (*Brooks, 1998*) справедливо наголошує на важливості аналізу **адаптаційного потенціалу населення**. Концепція адаптації була розширена за рамки дарвінівської пристосованості, дослідження виявили чотири категорії адаптації; 1) фізіологічна акліматизація, 2) психологічна акомодация, 3) генетична адаптація та 4) адаптація до розвитку. Вірний підхід до організації міст створює умови для комфортного життя людей різних мов, національностей, віросповідання. Люди що прибувають до міста повинні відчувати себе громадянами вільної країни та вільного міста.

Зображення територіальної диференціації населення на картах є дуже важливим для реалізації таких завдань муніципального управління.

Розробляти більш ефективну та справедливую політику, оскільки муніципалітети часто мають обмежені ресурси, тому відомості про те, де мешкають групи населення з різними потребами, допомагає вірно розподілити інвестиції.

Забезпечувати рівність у наданні послуг, наприклад, освіти, охорони здоров'я та транспорту.

Сприяти соціальній згуртованості серед представників різних соціальних груп, оскільки різноманітність населення - це сильна сторона міст, але вона також може призвести до конфліктів та напруги.

Стимулювати економічний розвиток в різних районах міста, які можуть мати різні економічні умови та ресурси.

Планувати майбутнє, яке відповідає потребам усіх жителів, оскільки простір міст постійно змінюються.

Говорячи про тематичну структуру муніципальної ГІС в блоці населення можна скористатися досвідом Національного атласу України (*Руденко, 2007*) і відобразити такі сюжети: а) чисельність населення, б) структура населення та розселення народів; в) міграція населення; г) національний склад населення, мова населення, релігія; д) демографічний розвиток; е) ринок праці, безробіття, доходи та витрати; є) гуманітарний розвиток (соціальна сфера). Проте, в залежності від особливостей конкретного міста чи громади набір показників може змінюватися.

Карти населення в муніципальній ГІС міста можуть відображати характеристики: а) чисельності та розселення населення, б)

демографічних показників (народжуваність, смертність, міграції); в) соціальної структури населення (національного складу, мови, релігій, політичних організацій та електоральної поведінки).

3.3.9. Чисельність населення і розселення

Відображення населення на картах може стосуватися різних його аспектів (Даценко, Курач, 2021) та відбуватися з різним рівнем деталізації: країна, область, район, місто, квартал, будинок.

Карти розміщення населення і розселення - процес розподілу населення по території. Характеризується воно відмінностями у густоті населення, сукупністю населених пунктів (міст, селищ, сіл) різної величини та співвідношенням чисельності міських та сільських жителів.

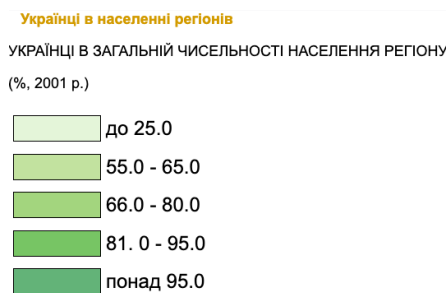


Рис. 3.19. Застосування типових шкал картограм для відображення населення в Національному атласі України (Руденко, 2007)

Кількість населення відображається локалізованими значками та картодіаграмами в залежності від того чи виражається в масштабі карти конкретна одиниця картографування (будинки, квартали, переписна ділянка, район).

Похідною від кількості населення є **щільність населення**, яка побічно характеризує освоєність території населенням та соціально-економічне навантаження на територію;

Щільність розраховується як відношення чисельності населення до площі території, де це населення проживає (не враховуючи великих внутрішніх водних басейнів). Щільність населення дозволяє здійснити агрегацію даних, уникнути відображення великої кількості помешкань, розмір яких не виражається в масштабі створюваної карти. Щільність може бути відображена способом псевдоізоліній, картограмою в адміністративних межах, сітчасто-площинною картограмою (кольоровим зафарбуванням території в межах сітки квадратів, трикутників, шестикутників тощо). Останній спосіб отримав у багатьох продуктах ГІС назву теселяція (заощення).

Ще одним способом відображення щільності населення є дазиметричний спосіб (уточненої картограми). При цьому статистична інформація подається не в межах адміністративних утворень а в межах ареалів різної щільності, виокремлених фахівцями.

Щільність населення відображає культурні, історичні, соціально-економічні та природні умови та закономірності розселення.

Динамічність поселень проявляється не тільки в змінах чисельності в конкретних районах міста, але і в постійній перебудові всієї мережі міст. Гарним прикладом картографування змін в розселенні населення є атлас "Мережа поселень України. Формування та розвиток". Карти в ньому дозволяють прослідкувати розвиток міст і навколишніх районів.

3.3.10. Демографічні процеси

Предметом демографії як науки є не просто населення, як таке, а саме процес його відтворення, репродукції. Отже важливими індикаторами міського життя є різноманітні демографічні показники, які характеризують **природний рух населення** (народження, старіння, смертність та зміна поколінь); **міграційний рух населення** (постійні міграції та човникові переміщення між центром міста та приміською зоною), **фертильність** (репродуктивна здатність), особливості **статевовікової структури**.

Важливий сюжет муніципальної ГІС: "**трудоий потенціал населення**", який пов'язаний з часткою осіб працездатного віку, рівнем освіти, безробіття тощо.

З арсеналу медичної демографії можна використати на картах показники **здоров'я населення, захворюваності** різними патологіями як фактори його відтворення.

Ці показники тісно пов'язані віковою структурою а конкретніше з іміджем (престижністю) поселення чи району міста, задоволенням населення та іншими складовими якості життя (Гукалова, 2018).

Заслужують на увагу карти динаміки демографічних процесів, що стосуються зміни зазначених показників в часі

3.3.11 Соціальна структура населення

Важливими показниками блоку населення муніципальної ГІС є інформація про структуру населення або якісний його склад: відмінності популяції за **расовими, етнічними, мовними ознаками, матеріальний добробут та віросповідання**.

Хоча сучасні концепції раси та етносу зазнають критики як штучні та потенційно небезпечні з точки зору можливості спричинити насильство (як у випадках війни в Югославії чи в Карабаху), багато країн все ще характеризуються чітко визначеною расовою та етнічною структурою. Також важливим є розуміння характеру компактного розселення різних етнічних груп в межах міста. Політика Європейського союзу щодо толерантного ставлення до мов, релігій та етнічної приналежності покликана мінімізувати ризик потенційних соціальних конфліктів.

Згідно офіційних переписів населення та сайту Держкомстату більшість населення держави - українці. Етнонім «українці» особливо поширився з кінця XVI ст. («руські», «русини», «українці»). Іншими великими етнічними групами є росіяни, білоруси, кримські татари, угорці, болгари. Національний атлас України містить ряд карт що є відображають етнічну структуру населення (*Руденко, 2007*). Нині в Україні випадки расової та етнічної сегрегації та конфліктів на етнічному ґрунті не набули масового поширення. Хоча, застосування в пропаганді принципу «розділяй і володарюй» може призвести до небезпечних наслідків.

Лія Фолтман та Малія Джонс (Лабораторія прикладного народонаселення Університету Вісконсін-Медісон, США) повідомляють (*Foltman & Jones, 2019*) про те, політика расової сегрегації початку ХХ ст. нині виявляється у компактному розподілі різних етнічних груп по території. Карта кредитування 1930-х років у місті Мілуокі розкриває політичне коріння дискримінації у сфері житла. В той час були створені карти «безпеки житлових приміщень», які визначили певні райони як такі, що мають високий або низький ризик для інвестицій. Ці карти використовувалися банками та фінансовими установами для прийняття кредитних та інших інвестиційних рішень.

В «Найкращих» районах допускалася широка дискримінація за расовою ознакою при прийомі мешканців у сусідство» (*Foltman, & Jones, 2019*). Ці обмеження залишалися в силі, аж поки не були визнані незаконними в епоху громадянських прав. Наступною категорією земельних ділянок були «все ще бажаними». Для інвестицій. Тут не

проживали сім'ї афроамериканців і лише невелика кількість сімей мігрантів. Території, що «безсумнівно занепадають», отримали нижчу оцінку. Найгірший на думку оцінювачів тип земельних ділянок отримав назву «небезпечний для інвестицій». За словами людей, які проводили оцінку, будівлі в цих райони були старими та в поганому стані, і там жили афроамериканці (*Foltman, & Jones, 2019*).

Ці практики початку ХХ ст. мали наслідки, які закріплювали тенденції сегрегації проживання населення які можна побачити в Мілуокі і донині. Через вісімдесят років після того, як райони Мілуокі були закодовані, їх расова структура все ще має схожість з історичною картою червоних ліній (*Foltman, & Jones, 2019*).

Автори вважають, що навіть якби расизм повністю припинився в політиці та міжособистісних відносинах, продовжувалась би різниця в характері розселення через глибокий слід історичної політики.

3.3.12 Економічний розвиток в межах території міст

Економічна ситуація в місті достатньо складно піддається моделюванню через те, що більшості статистичних даних про виробництво товарів і послуг в дрібних облікових одиницях та у конкретних підприємствах є комерційною таємницею. Це означає, що для завдань раціонального розміщення нового підприємства з виробництва товарів чи послуг або для інших задач економічного аналізу в муніципальній ГІС доречно аналізувати та картографувати такі показники економічного розвитку, які опосередковано характеризують економічний розвиток.

Відображення економічних та соціальних показників у муніципальних ГІС базується на поєднанні статистичних даних із просторовою прив'язкою, що дозволяє візуалізувати не лише цифри, а й географію розвитку міста.

Обсяг інвестицій та кількість нових підприємств найефективніше відображаються за допомогою картограм або методу градуйованих символів, де розмір точки на карті відповідає масштабу вливань у конкретний район чи індустріальний парк. Структура інвестицій за секторами економіки візуалізується через кругові діаграми, розміщені безпосередньо над відповідними локаціями. Для аналізу ринку збуту використовується буферний аналіз, який окреслює зони доступності потенційних споживачів та локації конкурентів, створюючи карту «ринкових ніш».

Соціальна інфраструктура, включаючи школи та лікарні, відображається як шар точкових об'єктів із розрахунком зон сервісного покриття (ізохрон), що показують реальну доступність послуг для населення. Рівень злочинності та рівень життя найкраще представляти у вигляді теплових карт (Heat Maps), які демонструють концентрацію подій або аномалії доходів у певних кварталах. Це дозволяє муніципалітету ідентифікувати депресивні райони, що потребують соціальної підтримки.

Показники зайнятості, безробіття та середньої заробітної плати інтегруються через фонове забарвлення житлових масивів (картограма), що корелює місце проживання фахівців із рівнем їхніх доходів. Освітній потенціал відображається через шари навчальних закладів, де атрибутивна інформація містить дані про кількість та кваліфікацію випускників. Це дає змогу інвесторам бачити точки концентрації людського капіталу в межах міста.

Наявність вільних земельних ділянок та вартість нерухомості відображаються через кадастрові шари, де колір ділянки вказує на її цінову категорію або цільове призначення. Аналіз доходів населення та рівня бідності у МГІС дозволяє виявити просторову нерівність, що є критично важливим для справедливого розподілу міського бюджету та планування нових об'єктів соціального призначення.

Одним з перших відомих прикладів картографування міських даних такої тематики карта бідності Лондона. Її автор Чарльз Бут, англійський промисловець вікторіанської епохи (рис. 3.20), який досліджував Лондон на тему бідності і з своїми асистентами, які ходили по вулицями та опитували людей як вони живуть який у них рівень достатку які проблеми у місті.



Рис. 3.20. Чарльз Бут (Charles Booth) англійський промисловець

Бут у 1886 році розпочав амбітний проект з дослідження умов життя та роботи лондонців який тривав 17 років і стосувалося трьох сфер: **бідність, промисловість і релігії**. Оброблялися звіти від «відвідувачів шкільної ради», які відповідали за проведення візитів від дому до дому,

щоб зібрати детальну інформацію про рівні бідності та типи зайнятості у сім'ях.



Рис. 3.21. Інтерактивна «Карта опису бідності Лондона 1898–1899 рр.»
<https://booth.lse.ac.uk/map/14/-0.1174/51.5064/100/0>

Класичним прикладом просторового аналізу добробуту є моделювання соціальної структури міста через візуалізацію рівнів доходу. У таких моделях населення розподіляється за семибальною шкалою, де кожна категорія має відповідне кольорове позначення: від найнижчого щабля, що характеризується критичною бідністю та криміногенною ситуацією, через проміжні групи з доходом від 18 до 21 шилінга на тиждень, до вищого заможного класу. Такий підхід дозволяє перетворити суху статистику на наочну карту соціальної топографії, де чітко простежуються межі між елітними кварталами та зонами соціального відчуження.

На прикладі Лондона початку ХХ століття стає очевидним, що подібні дослідження мають не лише теоретичне, а й глибоке прикладне значення. Деталізація умов життя городян на міських планах стала каталізатором важливих суспільних реформ, зокрема впровадження державної пенсійної системи. Це підкреслює роль ГІС як інструменту не лише для моніторингу, а й для стратегічного гуманітарного планування, що здатне трансформувати соціальну політику держави на основі точних просторових даних.

Використання кольорового кодування для відображення класів соціального статусу дозволяє муніципалітетам візуалізувати зони економічної вразливості та бачити реальну картину соціальної нерівності в межах міської тканини.

Історичний досвід використання соціальних карт доводить, що інтеграція даних про доходи мешканців у ГІС-середовище є потужним інструментом доказової політики, який забезпечує перехід від описового аналізу до реальних законодавчих змін і покращення якості життя населення.

3.3.13 Гуманітарний розвиток та іміджева привабливість міст у дзеркалі МГІС

Гуманітарний розвиток сучасного міста є комплексним процесом, що охоплює культурні події, освітні можливості та розмаїття соціальних ініціатив. Саме ці чинники створюють потужні стимули для міграції молоді, приваблюючи її перспективами особистого зростання, творчої самореалізації та активної участі у житті громади. Традиційно міста виступають «полюсами тяжіння», де молоді люди з сільської місцевості знаходять роботу, орендують житло та створюють сім'ї. У цьому контексті картографування гуманітарної інфраструктури стає для муніципальних керівників незамінним засобом прийняття рішень, спрямованих на стратегічне поліпшення якості життя громадян.

Для глибокого аналізу гуманітарного потенціалу до муніципальних ГІС інтегруються розгалужені набори даних. Першочергове значення має мережа навчальних закладів, де фіксується не лише розташування шкіл та університетів, а й обсяг студентських потоків, кваліфікація викладацького складу та реальна доступність освітніх послуг. Аналогічним чином моделюється мережа медичних установ (від великих лікарень до локальних аптек), центрів соціального обслуговування, а також об'єктів культури й спорту, що формують каркас для дозвілля та активного відпочинку. Окремий аналітичний блок присвячений житловому фонду: класифікація будинків за типом, віком та вартістю дозволяє не лише оцінити доступність нерухомості, а й виявити зони потенційних енерговтрат через стан комунальних мереж.

Важливим інструментом міської політики є формування позитивного іміджу території. Дослідження, проведені на основі методики *Image of Europe in the world*, демонструють, як ментальні карти студентів формують ієрархію привабливості міст (Ляшенко, 2015). Високі рейтинги світових мегаполісів, як-от Лондон чи Париж, часто межують із діаметрально протилежними оцінками інших центрів, що відображає інтенсивність їхньої іміджевої діяльності в інформаційному просторі. Через соціальні мережі, кіноіндустрію та масштабні події (концерти, спортивні змагання) міста транслують свій культурний код, безпосередньо впливаючи на вибір майбутнього місця проживання молодими фахівцями.

Практичне застосування МГІС у гуманітарній сфері добре ілюструє досвід Лондона, зокрема проект *London Schools Atlas*. Використання геопросторової статистики дозволяє візуалізувати відстані, які учні

щодня долають до навчальних закладів. За допомогою методу буферних зон (кіл різного радіусу навколо шкіл) та підрахунку кількості точок за адресами проживання школярів, влада отримує точну картину транспортного навантаження та територіальної доступності освіти. Такий підхід дає змогу не лише моніторити поточну ситуацію, а й планувати розвиток шкільної мережі відповідно до реальних демографічних потреб районів.

Отже інтеграція гуманітарних та соціальних показників у МГІС перетворює розрізнені об'єкти інфраструктури на єдину аналітичну модель, що дозволяє оцінювати ефективність міського управління через призму реального доступу мешканців до послуг.

Картографування суб'єктивного сприйняття міста (його іміджу) у поєднанні з даними про інфраструктуру та логістику учнівських потоків створює надійне підґрунтя для розробки стратегій соціального розвитку, спрямованих на утримання людського капіталу та підвищення соціальної інклюзивності міського простору.

3.14. Моделювання та аналіз обслуговування населення

Важливим напрямом сучасного картографування міст є геоінформаційне моделювання обслуговування населення, яке дозволяє перейти від простої інвентаризації об'єктів до глибокого аналізу соціальної ефективності міського середовища. В основі цього процесу лежить розуміння міста як складної системи потоків, де кожен мешканець є споживачем послуг, а кожна установа — точкою пропозиції. Муніципальні ГІС є інструментом, що інтегрує демографічні, просторові та мережеві дані для оцінки того, наскільки справедливо та ефективно розподілені ресурси міста між його жителями.

Моделювання обслуговування базується на концепції просторової доступності, яка визначається не лише фізичною відстанню, а й витратами часу та зусиллями на подолання шляху. Ключовим методом тут є створення ізохрон — ліній рівних витрат часу, що окреслюють реальні зони покриття медичних закладів, шкіл чи пожежних депо. На відміну від стандартних радіусів (буферів), ізохрони враховують реальну конфігурацію вулично-дорожньої мережі, наявність бар'єрів (річок, залізниць) та швидкість руху різних видів транспорту. Це дозволяє виявити «білі плями» — райони, мешканці яких фактично відрізані від

життєво необхідних послуг, попри формальну наявність об'єктів у межах адміністративного району.

Іншим фундаментальним підходом у МГІС є аналіз тяжіння та місткості, де кожен об'єкт обслуговування розглядається з точки зору його пропускну здатності. Наприклад, при моделюванні шкільної освіти недостатньо знати розташування закладу; необхідно зіставити кількість місць у школі з реальною кількістю дітей, що проживають у межах її нормативної доступності. Такий просторовий аналіз дозволяє прогнозувати дефіцит місць у районах нової забудови та запобігати перевантаженню інфраструктури в історичному центрі (рис. 3.22).

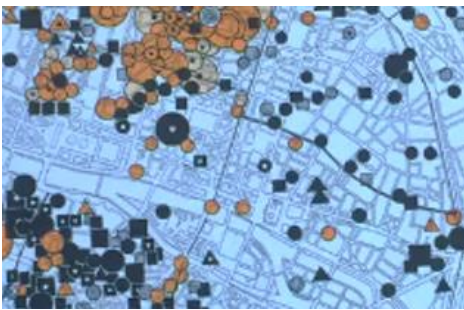


Рис. 3.22. Атлас Парижу 1967 р. «Заклади культури, 1964 р.» (кіно / видавнича справа / преса / поліграфія) (Association universitaire de recherches géographiques et cartographiques, 1967).

Завдяки інтеграції з базами даних демографічного реєстру, МГІС дозволяють будувати динамічні моделі, що враховують старіння населення або міграційні процеси, коригуючи мережу обслуговування відповідно до змін структури споживачів.

Окрему категорію моделювання становить аналіз ієрархічності систем обслуговування. У місті існують послуги щоденного попиту (продуктові магазини, дитячі садки) (рис. 3.23) та послуги епізодичного чи унікального характеру (спеціалізовані лікарні, театри, адміністративні центри)

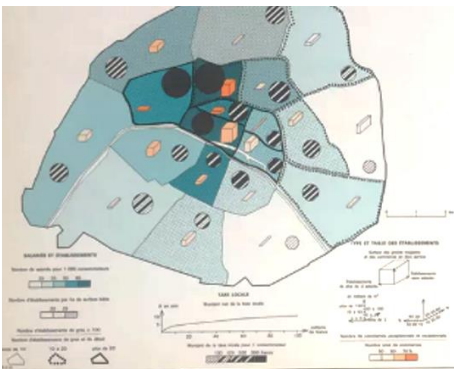


Рис. 3.23. Атлас Парижу «роздрібна торгівля», 1965 р.» (Association universitaire de recherches géographiques et cartographiques, 1967).

ГІС дозволяє вибудовувати багаторівневі моделі, де для кожного типу послуг розраховуються власні критерії оптимальності. Це дає змогу реалізувати концепцію «15-хвилинного міста», де базові потреби задовольняються у межах пішохідної доступності, а складніші сервіси інтегруються в магістральну транспортну мережу яка виходить за межі міста і потребує вивчення його околиць та міст супутників (рис. 3.24).

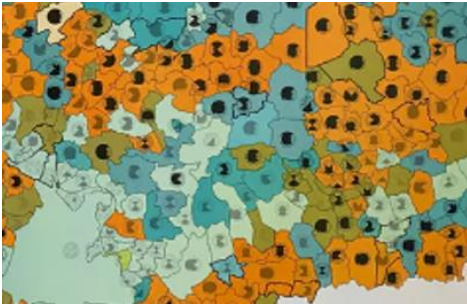


Рис. 3.24. Типи комун з атласу Парижу 1967 року.
(*Association universitaire de recherches géographiques et cartographiques, 1967*).

Особливе значення в гуманітарному контексті має аналіз соціальної вразливості, що проводиться через накладання карт доступності на карти доходів та стану здоров'я населення. Це дозволяє муніципалітету приймати рішення на засадах соціальної справедливості, пріоритетно розміщуючи нові пункти надання послуг там, де мешканці мають найменше ресурсів для їх отримання в інший спосіб. Таким чином, геоінформаційне моделювання перетворює «сирі» дані на дієвий інструмент управління, що мінімізує просторову нерівність.

Геоінформаційне моделювання обслуговування населення дозволяє муніципалітету перейти від статичного планування до динамічного управління міським простором, базуючись на реальних показниках часової доступності та завантаженості інфраструктури.

Інтеграція демографічних параметрів та мережевого аналізу в середовищі МГІС забезпечує наукове обґрунтування для розміщення нових об'єктів соціальної сфери, що безпосередньо впливає на підвищення якості життя та соціальну згуртованість міської громади.

3.3.14 Безпека населення міст

Тематика безпеки в сучасному урбанізованому середовищі є багатогранною і охоплює як природні ризики, так і техногенні та соціальні загрози. Використання МГІС дозволяє не лише візуалізувати поточний стан безпеки, а й здійснювати прогнозне моделювання

надзвичайних ситуацій. Основні напрями картографування безпеки можна класифікувати за наступними категоріями:

1. Природні та техногенні ризики. Першочерговим завданням є ідентифікація зон, вразливих до природних процесів. Це включає моделювання територій можливих повеней, аналіз стабільності схилів (зсувонебезпечні ділянки) та виявлення зон суфозійних просадок ґрунту. Такі карти є базовими для містобудівного планування та визначення придатності територій для забудови. Техногенний аспект охоплює моніторинг стану критичної інфраструктури: доріг, мостів та інженерних мереж. ГІС дозволяє оперативно фіксувати місця аварійних ділянок, ям чи перешкод, що безпосередньо впливає на безпеку руху.

2. Громадська безпека та кримінальний моніторинг. Кримінальна статистика у МГІС відображається через сюжети, що демонструють рівень злочинності в різних районах. Для забезпечення об'єктивності аналізу абсолютна кількість випадків (крадіжки, напади тощо) нормується відносно кількості мешканців або розраховується на одиницю площі мікрорайону. Важливим шаром даних є мережа відеоспостереження: точне розташування камер у громадських місцях, парках та на вулицях допомагає поліції та комунальним службам координувати заходи з превенції правопорушень.

3. Логістика безпеки та екстрена допомога. Окремим напрямом є проектування «безпечних маршрутів» для пішоходів та велосипедистів. Алгоритми просторового аналізу дозволяють розраховувати конфігурацію таких шляхів з урахуванням рівня освітленості, наявності облаштованих переходів та навіть часу доби чи дня тижня. Паралельно з цим картографується інфраструктура екстреної допомоги:

Медична допомога: лікарні, амбулаторії, аптеки, а також точки розміщення дефібриляторів (наприклад, на станціях метрополітену).

Пожежна безпека: мережа гідрантів, розташування вогнегасників та дислокація пожежних депо.

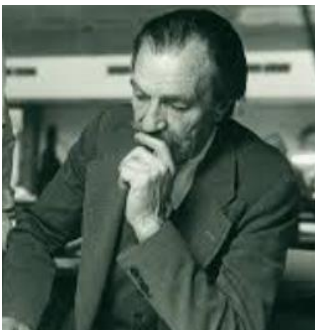
Цивільний захист: розташування бомбосховищ, пунктів обігріву (пунктів незламності), сирен оповіщення та верифікованих евакуаційних маршрутів.

Для візуалізації безпекових показників у МГІС застосовується широкий спектр картографічних методів: **картограма** для відображення нормованих показників злочинності або щільності населення за районами; **картодіаграма** для порівняння структури злочинів або типів надзвичайних ситуацій у межах адміністративних одиниць; **локалізовані значки** для позначення точкових об'єктів інфраструктури

(камери, гідранти, дефібрилятори); **якісний фон** для районування територій за рівнем природної небезпеки; **псевдоізолінії та теплові карти**: для візуалізації безперервних полів інтенсивності (наприклад, зони найвищої концентрації ДТП).

Інтеграція даних про безпеку в муніципальні ГІС створює єдине інформаційне поле для прийняття управлінських рішень. Прозорість та доступність цієї інформації для населення має не лише соціальний, а й економічний ефект: дані про потенційні загрози та рівень безпеки безпосередньо корелюють із ціною нерухомості та інвестиційною привабливістю районів. Таким чином, картографування безпеки перетворюється з інструменту реагування на інструмент стратегічного розвитку безпечного та сталого міського простору.

3.3.15. Геоєкологічне моделювання та урбоєкологічний аналіз міського середовища



«Ми не можемо керувати природою, не розуміючи її просторової мови. Геоєкологічне моделювання — це наш спосіб домовитися з довкіллям». — Ян Мак-Гарг (автор концепції екологічного проектування).

Геоєкологічне моделювання в межах муніципальних інформаційних систем виступає ключовим інструментом забезпечення сталого розвитку територій та мінімізації антропогенного навантаження на довкілля. Воно базується на інтеграції даних про стан атмосферного повітря водних ресурсів ґрунтів та зелених насаджень у єдину просторову модель що дозволяє виявляти зони екологічного ризику та прогнозувати наслідки господарської діяльності.

Використання методів геоінформаційного аналізу дає змогу муніципалітетам не лише моніторити поточну ситуацію а й створювати сценарії поширення забруднень оцінювати рівень шумового навантаження та моделювати міські острови тепла. Такий підхід перетворює екологічні дані на дієвий фактор прийняття управлінських рішень де збереження природного каркаса міста стає обов'язковою умовою будь-якого нового будівництва чи реконструкції інфраструктури. Зрештою геоєкологічне моделювання дозволяє сформувати цифрову

стратегію адаптації міста до кліматичних змін та забезпечити право мешканців на безпечне і здорове життєве середовище.

Оцінка впливу середовища на здоров'я та якість життя міського населення є одним із найскладніших завдань сучасного муніципального управління. Специфіка цього впливу полягає у синергії численних чинників, які часто діють у низьких концентраціях протягом тривалого часу, але мають кумулятивний ефект. До критичних факторів, що формують умови життя в місті, належать забруднення атмосферного повітря пилом та токсичними сполуками, обмежена доступність якісної питної води, деградація ґрунтів, а також фізичне забруднення: шум, вібрації та вплив електромагнітних полів.

Сукупність цих чинників формує унікальне екологічне середовище, вивчення якого перебуває у фокусі **геоекології**. Згідно з фундаментальними визначеннями (Гродзинський, 2005), цей напрям акцентує увагу не лише на структурі територіальних систем, а й на процесах, що призводять до зміни їхніх станів. У межах геоекології виокремлюється **урбоекологія** — галузь, що досліджує специфіку взаємодії людини та природи в урбанізованих ландшафтах (*Стольберг, 2000*).

Урбоекологічні дослідження у складі МГІС спрямовані на вирішення низки прикладних питань:

- моніторинг якості повітря та розробка стратегій зниження рівнів забруднення;
- збереження біорізноманіття та розвиток мережі зелених насаджень як «легень» міста;
- забезпечення рівного доступу мешканців до екологічно безпечного простору;
- управління водними ресурсами та охорона міських акваторій;
- екологічна експертиза містобудівних проектів для забезпечення стійкого розвитку (*sustainable development*).

Важливим методом урбоекології є створення екологічних карт на основі масивів просторових даних. Такі карти мають не лише наукове, а й потужне ідеологічне значення, безпосередньо впливаючи на прийняття рішень у сфері нерухомості, інвестицій та політичної відповідальності. Наприклад, позитивна екологічна характеристика рекреаційної зони така як якість повітря (рис. 3.25) здатна суттєво підвищити вартість земельних ділянок та привабливість території для відвідувачів.

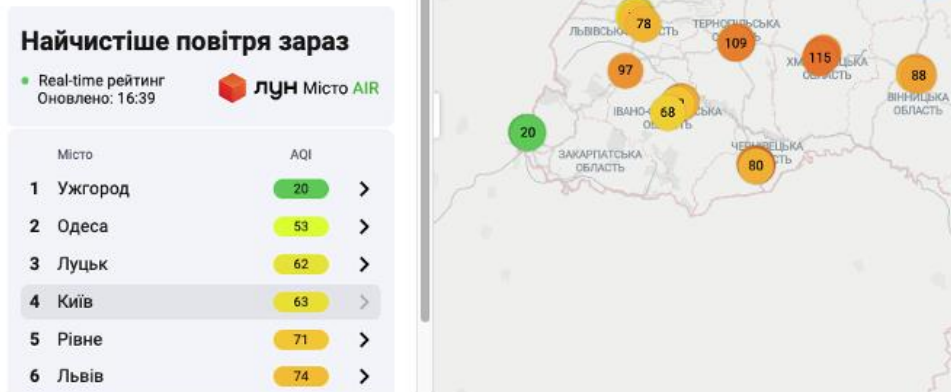


Рис. 3.25. Українська система моніторингу якості повітря
<https://misto.lun.ua/air/kyiv>

Водночас екологічні карти часто стають фундаментом для системи політичних доказів та суспільних дискусій. Історичним прикладом є публікація карт забруднення після Чорнобильської катастрофи (Барановський, 1996), що спричинила величезний резонанс та згодом лягла в основу «Атласу Чорнобильської зони відчуження». Сучасні приклади включають карти соціально чутливих тематик, як-от місця дислокації небезпечних об'єктів або зони радіаційного моніторингу (Кацан, 2023).

Стрімкий розвиток («бум») екологічного картографування останніх десятиліть породив проблему верифікації даних. Нерідко райони отримують негативні оцінки на основі суб'єктивного бачення авторів без використання стандартизованих показників. Це ставить перед розробниками МГІС серйозні етичні питання.

Відповідальність за точність розробників зростає. Тенденційна або неточна інформація може завдати прямої шкоди репутації регіонів, знизити вартість активів компаній та викликати безпідставну соціальну напругу.

Обґрунтованість висновків також є важливою умовою роботи. Складання карт екологічного змісту повинно супроводжуватися адекватними методами оцінки інформації, інакше вони втрачають статус наукового документа.

Сучасний етап екологічного картографування характеризується переходом до використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), мереж сенсорів у реальному часі та алгоритмів штучного інтелекту. Це дозволяє створювати динамічні карти, що базуються на об'єктивних

вимірюваннях, мінімізуючи суб'єктивізм та забезпечуючи високу точність, необхідну для прийняття управлінських рішень.

Урбоекологічне моделювання в МГІС є критично важливим для забезпечення збалансованого розвитку міст, де інтереси економічного зростання не суперечать екологічній безпеці майбутніх поколінь. Екологічна карта — це не лише візуалізація стану середовища, а й інструмент соціальної відповідальності, що потребує суворих стандартів точності та прозорості методології оцінки.

Отже Екологічне картографування в межах МГІС є багатограним процесом, що інтегрує дані про стан природних компонентів, рівень техногенного навантаження та реакцію біоти на антропогенні зміни (OGC; 2023b). Фахівці виділяють кілька пріоритетних напрямів тематичного наповнення таких карт (Бондаренко, 2007):

- **Моніторинг атмосфери:** картографування потенціалу забруднення, ідентифікація стаціонарних та пересувних джерел викидів, а також моделювання полів концентрації токсичних речовин.

- **Стан водних ресурсів:** аналіз загальних закономірностей забруднення поверхневих вод, оцінка процесів самоочищення водойм та визначення їхнього загального екологічного статусу.

- **Фізичне та депонуюче забруднення:** візуалізація радіаційної обстановки, шумового навантаження, електромагнітного випромінювання, а також накопичення важких металів у ґрунтах.

- **Геолого-геоморфологічний аналіз:** фіксація активних геодинамічних процесів та інвентаризація техногенно-змінених форм рельєфу (териконів, кар'єрів, насипів).

- **Біоекологічне та комплексне картографування:** використання методів біоіндикації для оцінки стійкості ландшафтів та створення інтегральних карт екологічних ситуацій.

Окремим і надзвичайно актуальним напрямом є вивчення поширення синантропної фауни (від грец. *syn* – разом, *anthropus* – людина) — тварин, чия життєдіяльність тісно пов'язана з людським житлом. До цієї групи належать птахи (голуби, горобці, воронові, синиці), рукокрилі (кажани, що регулюють чисельність комах-шкідників) та земноводні (жерлянки, квакші).

Особливу роль у міській екосистемі відіграють голуби та вуличні коти. Попри суперечливе ставлення, голуби сприяють розповсюдженню насіння та контролюють популяції деяких комах, додаючи живописності міському ландшафту. Коти, своєю чергою, виконують критичну функцію

природної дератизації, стримуючи поширення гризунів та пов'язаних із ними захворювань.

Сучасна тенденція гуманізації міського середовища призвела до визнання котів частиною екосистеми на офіційному рівні. Зокрема, у Києві, Львові, Одесі, Дніпрі та інших містах ухвалено рішення, що забороняють безпричинний вилов тварин та забезпечують їм доступ до підвалів і горищ для проживання. Картографічна фіксація місць проживання таких спільнот у МГІС допомагає волонтерам та комунальним службам ефективно взаємодіяти, забезпечуючи захист тварин та санітарний контроль.

Інвентаризація рослинності є фундаментом «зеленої» політики міста. Сучасні ГІС-платформи, такі як геопортали зелених зон Києва чи Одеси, дозволяють здійснювати повний цикл управління рослинними активами:

1. Ідентифікація та паспортизація які означають збір даних про кожне дерево чи чагарник (вид, вік, висота, стан). Класифікація територій на парки, сквери та сади з детальною атрибутивною інформацією.

2. Діагностика стану використання ДЗЗ та вегетаційних індексів (наприклад, NDVI) для виявлення хворих або ослаблених рослин. Знімання в тепловому діапазоні дозволяє оцінити роль зелені у пом'якшенні **міського острова тепла (МОТ)** — явища, за якого температура в центрі мегаполіса на 4°C і більше перевищує температуру передмість (*Gorrell, et al., 2023*).

3. **Прогнозне моделювання:** оцінка впливу нової забудови на існуючі масиви. Моделювання сценаріїв дозволяє муніципалітету визначати компенсаторні заходи — де саме потрібно створити нові сквери замість втрачених площ.

4. **Оперативне управління:** планування графіків поливу, обрізки та лікування рослин із контролем виконання робіт у режимі реального часу.

Таким чином, екологічні складові муніципальних ГІС трансформуються з пасивних баз даних у динамічні інструменти підтримки прийняття рішень. Поєднання картографії фізичних забруднень із даними про біорізноманіття та стан зелених насаджень дозволяє створювати цифрові моделі міст, орієнтовані на екологічну стійкість та благополуччя мешканців. Це не лише підвищує якість середовища, а й формує екологічну свідомість громади, роблячи управління містом прозорим та науково обґрунтованим.

ПІСЛЯМОВА. МАЙБУТНЄ МІСТ У ЦИФРОВУ ЕПОХУ ТА РОЛЬ ГІС У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

Прагнення людини до життя в чистому середовищі, безпеці, комфорті та гармонії з довкіллям є універсальною цінністю, що визначає вектори розвитку сучасної цивілізації. Міста в Європі та в усьому світі проходять стадію стрімкої трансформації, яка докорінно змінює їхню соціальну структуру, архітектуру господарських зв'язків, транспортні та енергетичні системи. У центрі цих змін стоїть потреба у вичерпній інформаційній підтримці управління територіями, де дані стають головним активом, а здатність їх аналізувати — запорукою виживання та процвітання громад. У цьому посібнику ми здійснили спробу систематизувати теоретичні засади проектування муніципальних геоінформаційних систем (МГІС), розглядаючи їх не просто як програмні продукти, а як динамічні цифрові моделі міського життя. Викладена методологія базується на поєднанні класичного картографування з новітніми підходами урбоекотології, соціальної географії та мережевого аналізу.

Ми розглянули ряд концепцій та теорій, корисних для успішного моделювання міських процесів. Зокрема, теорію доступності та зв'язності, що дозволяють об'єктивно оцінити якість міської інфраструктури. Методи соціального моделювання, зокрема аналіз символічних ландшафтів та доходів населення, що перетворює карту на інструмент пошуку соціальної справедливості.

Наведені у виданні приклади від карт доходів у Лондоні до інвентаризації транспортної інфраструктури у Білій Церкві — демонструють, що цифровізація є не лише технічним завданням, а соціальною місією. Створення Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) та комплексних планів розвитку територій громад в Україні відкриває нові горизонти для електронного урядування. Впровадження ГІС-технологій дозволяє муніципалітетам перейти від інтуїтивного управління до стратегій, що базуються на доказах (evidence-based policy), де кожне рішення про будівництво нового садочка чи прокладання веломаршруту підкріплене математичним розрахунком та просторовим аналізом.

Для України сьогодні позначене безпрецедентним викликом — російсько-українською війною. Збройна агресія наклала трагічний відбиток на життєдіяльність мільйонів людей, зруйнувала

інфраструктуру та змінила психологічний стан нації. У цих умовах МГІС набувають стратегічного значення. Вони стають незамінними для таких завдань: фіксації руйнувань та планування відбудови, створення точних реєстрів пошкодженого майна та моделювання сценаріїв відновлення міст; картографування систем оповіщення, бомбосховищ та безпечних маршрутів у реальному часі; аналізу розселення внутрішньо переміщених осіб та оцінки навантаження на гуманітарну інфраструктуру приймаючих громад.

Представлені в книзі організаційні та технологічні засади мають стати орієнтиром для широкого кола фахівців: урбаністів, екологів, землевпорядників та управлінців. Проте ГІС — це жива система, яка потребує постійного діалогу між владою, бізнесом та громадськістю. Тільки через спільне обговорення та використання геопросторових даних ми зможемо побудувати міста, які будуть не лише «розумними», а й інклюзивними, безпечними та стійкими до будь-яких криз.

Ми запрошуємо студентів та молодих науковців долучитися до цієї захоплюючої подорожі у світ ГІС. Майбутнє наших громад буквально перебуває на кінчиках ваших пальців — у кожній лінії коду, кожному векторі на карті та кожному аналітичному рішенні, що робить життя людини кращим.

СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ ТА ПОНЯТЬ

Агломерація (Urban Agglomeration) — компактне просторове угруповання поселень, об'єднаних інтенсивними зв'язками. Моноцентрична виникає навколо одного міста-ядра.

Аналогові графічні матеріали (Analog Graphic Materials) — креслення та карти на паперових носіях, що потребують дигіталізації (оцифрування).

Артефакти війни (War Artifacts / Remnants of War) — матеріальні залишки бойових дій (техніка, фортифікації), що потребують обліку для утилізації чи меморіалізації.

Базові геопросторові дані (Base Geospatial Data) — загальнодоступні дані, що складають уніфіковану цифрову основу для інтеграції різних тематичних шарів.

Браунфілд (Brownfield) — занедбана промислова або складська територія, використання якої ускладнене через забруднення чи руйнування.

Великі дані (Big Data) — надвеликі масиви інформації, обробка яких вимагає спеціалізованих інтелектуальних ІТ-інструментів.

Вид використання території (Land Use Type) — класифікація забудови та експлуатації ділянки (переважний, супутній, допустимий).

Виробник геопросторових даних (Data Producer) — суб'єкт, що здійснює створення або оновлення геопросторових наборів даних.

Внутрішнє місто (Inner-city) — район навколо центрального ділового ядра, що характеризується щільною забудовою та специфічними соціальними ознаками.

Геоінформаційна система (GIS — Geographic Information System) — система для збирання, аналізу та візуалізації просторово-часових даних.

Геоконфліктологія (Geoconflictology) — вивчення просторових конфліктів (земельних, етнічних) та методів їх нейтралізації.

Геоаналіз (Geospatial Analysis) — це процес вивчення, обробки та інтерпретації даних, які мають географічну прив'язку, з метою виявлення

прихованих закономірностей, взаємозв'язків та тенденцій, що не є очевидними при аналізі звичайних таблиць чи статистичних звітів.

Геопортал (Geoportal) — веб-ресурс, що забезпечує доступ до геопросторових даних та мережевих сервісів.

Геопросторові дані (Geospatial Data) — дані про об'єкти, що включають їхнє місцезнаходження (координати) та атрибутивні характеристики.

Геопросторовий об'єкт (Geospatial Feature / Object) — цифровий еквівалент реального об'єкта, що має геометричну форму та атрибути.

Грінфілд (Greenfield) — вільна від забудови ділянка (природна або аграрна), запланована під новий девелопмент.

Деградація ландшафту (Landscape Degradation) — погіршення стану екосистем та ґрунтів внаслідок антропогенного чи воєнного впливу.

Демографічний перехід (Demographic transition) у контексті урбанізації описує фундаментальне зрушення від традиційного сільського укладу до міського способу життя, що докорінно змінює соціальну структуру суспільства.

Держатель геопросторових даних (Data Custodian / Holder) — володілець даних, що відповідає за їхнє збереження та розповсюдження.

Дезурбанізація (Counter-urbanization) — процес відпливу міського населення у приміські або сільські райони.

Джентрифікація (Gentrification) — ревіталізація районів через приплив заможних мешканців, що часто змінює соціальний ландшафт.

Ділова частина міста (Downtown / CBD — Central Business District) — ядро концентрації ділової активності, офісів та фінансових установ.

Діяльність з геопросторовими даними (Geospatial Data Activity) — повний цикл обробки: від виробництва до візуалізації та використання.

Допустимий вид використання (Permitted Use) — вид використання території, що потребує спеціального погодження (Conditional Use).

Єдині зональні вимоги (Unified Zoning Requirements) — нормативні обмеження забудови, що діють у межах конкретної територіальної зони.

Зона мінної небезпеки (Mine Action Area / Hazardous Area) — територія, забруднена вибухонебезпечними предметами (ERW — Explosive Remnants of War).

Зонування (Zoning) — розподіл території на функціональні зони з визначенням містобудівних регламентів для кожної.

Інтероперабельність (Interoperability) — здатність систем обмінюватися даними без втрати їхнього змісту та структури (стандарти OGC, ISO).

Компактне місто (Compact City) — містобудівна модель високої щільності з пріоритетом сталого транспорту (Smart Growth).

Комплексний план просторового розвитку (Comprehensive Spatial Development Plan) — інтегрований документ громади, що поєднує стратегію розвитку та землевпорядкування.

Конурбанізація (Conurbation) — форма розселення, утворена зрощенням кількох рівноцінних агломерацій.

Користувач (User) — суб'єкт, що отримує доступ до геопросторової інформації для аналізу чи управління.

Критична інфраструктура (Critical Infrastructure) — стратегічні об'єкти (енергетика, водопостачання), від яких залежить життєдіяльність міста.

Мега(ло)поліс (Megalopolis) — надмасштабне міське утворення, що об'єднує десятки агломерацій (наприклад, БосВаш).

Метадані (Metadata) — дані про дані: опис джерела, точності, системи координат та умов використання набору даних.

Міське поселення (Urban Settlement) — населений пункт з переважно промисловими, торговими та адміністративними функціями.

Містобудівний регламент (Zoning Regulation / Building Code) — сукупність правил забудови, що визначають висотність, щільність та тип об'єктів.

Міська тканина (urban fabric) — це фізична та функціональна структура міста, що включає в себе сукупність будівель, вулиць, площ, відкритих просторів, транспортних комунікацій, інфраструктури, а також соціальних і природних елементів, які разом формують характерний «візерунок» або середовище населеного пункту.

Муніципалізація (Municipalization) — передача активів або функцій управління від центрального уряду до місцевої громади.

Національна інфраструктура геопросторових даних (NSDI — National Spatial Data Infrastructure) — екосистема стандартів, сервісів та даних на загальнодержавному рівні.

Національний геопортал (National Geoportal) — головний вузол NSDI для доступу до сертифікованих базових даних.

Об'єкт культурної спадщини (Cultural Heritage Site) — пам'ятка, що має історичну чи архітектурну цінність, включаючи ті, що постраждали (Damaged Heritage).

Переважний вид використання (Primary / Principal Use) — основна дозволена функція земельної ділянки за планом зонування.

Пункти незламності (Resilience Hubs / Warming Centers) — об'єкти підтримки населення в умовах енергетичної чи безпекової кризи.

Ревіталізація (Revitalization) — комплексне оновлення занедбаних територій з відновленням їхньої економічної та соціальної цінності.

Редевелопмент (Redevelopment) - процес зміни використання земельної ділянки або будівлі для підвищення її економічної ефективності.

Реконструкція (Reconstruction) - перебудова існуючих об'єктів (будівель, споруд) зі зміною їхніх геометричних параметрів, функціонального призначення або техніко-економічних показників.

Реновація (Renovation) - комплексна заміна застарілого житлового фонду або промислових об'єктів, що включає знесення аварійних будівель та будівництво нових на звільнених територіях.

Реурбанізація (Re-urbanization) — повернення населення та бізнесу до центральних частин міста після періоду занепаду.

Рівень урбанізованості (Urbanization Level) — частка міського населення у загальній демографічній структурі регіону.

Сервіс (Web Service / GIS Service) — мережевий інструмент для пошуку (Discovery), перегляду (View) та завантаження (Download) даних

Спеціальне погодження (Special Approval / Variance) — процедура дозволу на використання ділянки, що відхиляється від базового регламенту.

Субурбанізація (Suburbanization) — розростання приміської зони та міграція населення з міського центру в передмістя.

Супутній вид використання (Accessory Use) — додаткова функція, що забезпечує роботу переважного виду використання.

Схема зонування (Zoning Map) — графічна частина зонінгу, що візуалізує межі територіальних зон.

Тематичні геопросторові дані (Thematic Geospatial Data) — спеціалізовані шари (екологія, демографія, мережі), що базуються на топографічній основі.

Територіальна громада — це жителі, об'єднані постійним проживанням у межах села, селища, міста, що є самостійними адміністративно-територіальними одиницями, або добровільне об'єднання жителів кількох сіл, селищ, міст, що мають єдиний адміністративний центр. Це базовий суб'єкт місцевого самоврядування, який має право самостійно вирішувати питання місцевого значення в межах, визначених Конституцією та законами України.

Територіальна зона (Zoning District) — ділянка на карті зонінгу з визначеним режимом використання.

Територіальна підзона (Sub-zone) — частина зони зі специфічними планувальними обмеженнями.

Тимчасове житло (Temporary Housing / Modular Housing) — житло швидкого зведення для переселенців або осіб, які втратили оселі.

Урбанізація (Urbanization) — процес зростання міст та концентрації населення в них.

Урбанізм (Urbanism) — система цінностей та культурних практик міського жителя.

Урбіцид (Urbicide) — цілеспрямоване руйнування міського простору як засіб знищення ідентичності громади.

Цифровий двійник міста (Digital Twin City) — динамічна 3D-модель міста, інтегрована з датчиками реального часу (IoT) для предиктивного аналізу.

Цифрові дані (Digital Data) - це інформація, представлена у формі, придатній для обробки, передачі та зберігання комп'ютерними системами.

Цифровізація (Digitalization) - процес впровадження цифрових технологій у всі сфери життєдіяльності суспільства, бізнесу чи державного управління. У контексті управління територіями — це перехід від паперового або частково автоматизованого документообігу до створення єдиного цифрового простору, де рішення приймаються на основі аналізу даних.

Якість даних (data quality) — це міра придатності набору даних для використання в конкретних цілях (управлінських, аналітичних або проектних). Дані вважаються якісними, якщо вони є точними, повними, актуальними, послідовними та надійними для того, щоб на їхній основі можна було приймати обґрунтовані рішення.

ЛІТЕРАТУРА

Нормативно-правові акти та стандарти

ДП «УкрНДНЦ». (2017). *Географічна інформація. Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами* (ДСТУ ISO 19112:2017).

Закон України № 353-XIV. (1998). *Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14>

Закон України № 3038-VI. (2011). *Про регулювання містобудівної діяльності*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>

Закон України № 3613-VI. (2011). *Про Державний земельний кадастр*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>

Закон України № 554-IX. (2020). *Про національну інфраструктуру геопросторових даних*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20>

Кабінет Міністрів України. (2021а). *Постанова № 532 Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF>

Кабінет Міністрів України. (2021b). *Постанова № 632 Про визначення формату електронних документів комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади...* <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/632-2021-%D0%BF>

Кабінет Міністрів України. (2021с). *Постанова № 926 Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF>

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. (2011). *Настанова щодо складу, змісту, порядку розроблення... розділу "Охорона навколишнього природного середовища"...* (ДСТУ-Н Б Б.1.1-10:2010).

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. (2019). *Планування і забудова територій* (ДБН Б.2.2-12:2019).

Президент України. (2019). Указ № 722/2019 *Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> European Council. (2008).

Directive 2008/114/EC on the identification and designation of European critical infrastructures. European Commission. (2007). *European Programme for Critical Infrastructure Protection (EPCIP)*. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/european-programme-for-critical-infrastructure-protection.html>

United Nations General Assembly. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (Resolution A/RES/70/1). https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

Open Geospatial Consortium. (2016). OGC SensorThings API Part 1: Sensing (Version 1.0). <https://www.ogc.org/standard/sensorthings/>

Open Geospatial Consortium. (2020). OGC API - Features - Part 1: Core (Version 1.0). <https://www.ogc.org/standard/ogcapi-features/>

Open Geospatial Consortium. (2021). OGC GeoPackage Encoding Standard (Version 1.3.1). <https://www.geopackage.org/spec/>

Open Geospatial Consortium. (2023a). OGC 3D Tiles Information Model. <https://www.ogc.org/standard/3dtiles/>

Open Geospatial Consortium. (2023b). OGC Observations, Measurements, and Samples (Jointly published as ISO 19156:2023). <https://www.ogc.org/standard/oms/>

Open Geospatial Consortium. (2023c). OGC Indexed 3D Scene Layer (I3S) Scene Layer Package Format Specification. <https://www.ogc.org/standard/i3s/>

Open Geospatial Consortium. (2024). OGC API - *Tiles - Part 1: Core*. <https://www.ogc.org/standard/ogcapi-tiles/>

Open Geospatial Consortium. (2026a). OGC API - *Maps - Part 1: Core*. <https://www.ogc.org/standard/ogcapi-maps/>

Open Geospatial Consortium. (2026b). OGC API - *Processes - Part 1: Core (Successor to WPS)*. <https://www.ogc.org/standard/ogcapi-processes/>

Open Geospatial Consortium. (2026c). OGC API - *Records (Successor to CSW)*. <https://www.ogc.org/standard/ogcapi-records/>

Open Geospatial Consortium. (2026d). OGC API - *Connected Systems*. <https://www.ogc.org/standard/connected-systems/>

Open Geospatial Consortium. (2026e). MUDDI: Model for Underground Data Definition and Integration. <https://www.ogc.org/standard/muddi/>

Книги і статті

Барановський, В. А. (2001). *Екологічний атлас України*. Географіка.

Баумейстер, А. О. (2010). *Філософія права: навчальний посібник*. ВПЦ "Київський університет".

Баумейстер, А. О. (2017).

Бідюк, П. І., Терентьєв, О. М., & Присянкіна-Жарова, Т. І. (2022). *Методи прийняття рішень: Підручник*. Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу» КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Боброва, А., & Вербицький, І. (2023). *Що таке урбаністика? Коротка історія і шість визначень*. Mistosite. <https://mistosite.org.ua/articles/shcho-take-urbanistyka-kоротка-istoriia-i-shist-vyznachen>

Боже-Гарнье, Ж., & Шабо, Ж. (1967). *Очерки по географии городов.* Прогресс.

Бондаренко, Е. Л. (2007). *Геоінформаційне еколого-географічне картографування.* Фітосоціоцентр.

Бондаренко, Е., Писаренко, Р. (2018). Якість цифрових просторових даних як визначальна складова інформаційного забезпечення сучасних загальногеографічних карт. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки, 2(39), 6–11.

Браславська, О. В. (2019). *Теоретико-методологічні засади формування фахової компетентності майбутніх учителів географії* [Монографія]. Видавець Корецька

Губерський, Л. В., Андрущенко, В. П., & Михальченко, М. І. (2009). *Соціальна філософія: Підручник.* Альма-матер.

Гукалова І.В. (2009). *Якість життя населення України: суспільно-географічна концептуалізація* – К.: ДП «Друкарня. МВС.

Даценко, Л. М., & Курач, Т. М. (2021). *Географічні карти. Карти суспільних явищ і процесів* (Т. 3).

Дронова, О. Л. (2014). *Геоурбаністика: навч. посіб.* Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет".

Єнін, М. Н. (2023). Адгократія як модель гнучкого управління в умовах соціальної турбулентності. Видавничий дім «Гельветика».

Зацерковний, В. І. (2016). Географічні інформаційні системи в екології. Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя.

Зацерковний, В., Плічко, Л., Приліпко, О., Ніколаєнко, О., & Мужанова, Т. (2020). Обґрунтування доцільності застосування геоінформаційних систем у ландшафтно-екологічному моніторингу. Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Геологія, 1(88), 98–105.

Карпінський, Ю. О., & Лященко, А. А. (2012). Концептуальні засади оцінювання та забезпечення якості геопросторових даних. Вісник геодезії та картографії, (4), 35–43.

Кацан, О. (2023). *Спадок без валізи. Чому Україна стала без'ядерною.* Локальна історія. <https://localhistory.org.ua/texts/statti/spadok-bez-valizi/>

Кодін, В. О., & Панов, В. В. (2010). *Геоінформаційні системи в управлінні територіальним розвитком міста.* Видавництво ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.

Коренець, О. В. (2011). Створення інфраструктур просторових даних для геоінформаційного картографування як актуальне наукове завдання. *Часопис картографії*, (3), 15–25.

Кубах, С. (Ред.). (2022). *Стратегічна екологічна оцінка комплексного плану: практичний посібник.*

Лісовий, В. (2001). Аксіологія. У В. Шинкарук (Ред.), *Філософський енциклопедичний словник* (с. 11-12). Абрис.

Лук'янець, В. С., & Соболев, О. М. (2002). *Філософія постмодерну.* Центр практичної філософії.

Ляшенко, Д. О., Бойко, О. Л., & Горб, О. І. (2022). Проблеми забезпечення якості геопросторових даних в інфраструктурі просторових даних. Містобудування та територіальне планування.

Ляшенко, Д. О. (2015). Географічні образи країн світу: досвід картографування. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*, 20(3), 72–81. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2015.3\(26\).63652](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2015.3(26).63652)

Любченко, П. М. (2019). *Муніципальне право.* Право.

Мартишова, Л. С. (2021). *Основи містобудування: конспект лекцій.* ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.

Мезенцев, К., Олійник, Я., & Мезенцева, Н. (Ред.). (2017). *Урбаністична Україна: в епіцентрі просторових змін.* Фенікс.

Мезенцев, К., & Денисенко, Н. (2017). Публічні простори міст: Трансформація підходів до планування та управління. *Географія та туризм*, (39), 3–15.

Миколайчук, О. В. (2021). Особливості відображення обмежень у використанні земель в автоматизованих інформаційних системах. *Юридичний науковий електронний журнал, (5)*, 184–187.

Мовчан, М. М. (2009). *Основи містобудування.* Видавництво КНУБА.

Немець, Л. М., Сегіда, К. Ю., & Гусєва, Н. В. (2016). *Основи соціальної географії.* ХНУ імені В. Н. Каразіна.

Никитин, В. А., & Никитина, Е. Н. (2000). *Принцип города: организационное представление.* МВАББ.

Никитин, В. та ін. (2013). *Инженерная онтология. Инженерия как странствие.*

Руденко, Л. Г. та ін. (2011). *Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку.* Наукова думка.

Руденко, Л. Г. (Ред.). (2013). *Изменения городского пространства в Украине.*

Руденко, Л. Г. (Ред.). (2015). *Функции городов и их влияние на пространство.* Феникс.

Руденко, Л. Г. (Ред.). (2007). *Національний атлас України.* ДНВП «Картографія».

Савчук, В. В., & Нагорний, Є. В. (2018). Особливості взаємодії елементів транспортної системи в сучасних умовах урбанізації. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, (82)*, 45–51.

Саук, І. В. (2021). *Комплексний план просторового розвитку територіальної громади: Нові можливості та виклики для місцевого самоврядування.* Децентралізація.

Сонько, С. П. (2004). *Просторова організація соціоприродних систем* [Докторська дисертація]. КНУ ім. Т. Шевченка.

Стегній, 2014

Стольберг, Ф. В. (2000). *Экология города.* Либра.

Топчієв, О. Г. (2005). *Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методика.* Астропринт.

Угур та Савченко, (2019) Оцінка сталого розвитку: економічна критика. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (економічні науки)*, (23), 97–100.

Юридична енциклопедія. (2001). Муніципалітет. У Ю. С. Шемшученко (Ред.), *Юридична енциклопедія* (Т. 3). Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана.

Чудновский, Ю., Никитин, В., Бебешко, Т., & Дацюк, С. (2021). Новая архитектура человечества. Интердрук.

Шинкарук, В. І. (Ред.). (2002). *Філософський енциклопедичний словник*. Абрис.

Agugiario, G., Hauer, S., & Nadler, F. (2015). *Coupling of CityGML-based Semantic City Models with Energy Simulation Tools*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Coupling-of-CityGML-based-Semantic-City-Models-with-Agugiario-Hauer/85293ec56faa9c5d007fc66722cd13510747d2bd>

Arayici, Y., Hamilton, A., Gamito, P., & Elizondo, D. A. (2017). BIM adoption and implementation for architectural practices. Routledge.

Ardagna, D., Cappiello, C., Samá, W., & Vitali, M. (2018). Context-aware data quality assessment for big data. *Future Generation Computer Systems*, 89, 548–562. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.07.014>

ArcGIS. (2024). *Geometric networks vocabulary*. <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/manage-data/geometric-networks/essential-geometric-networks-vocabulary.htm>

Association universitaire de recherches géographiques et cartographiques. (1967). *Atlas de Paris et de la région parisienne*. Berger-Levrault.

Aswi, A. et al. (2018). Bayesian spatial and spatio-temporal approaches to modelling dengue fever. *Epidemiology and Infection*, 147.

Avineri, S. and de-Shalit, Avner. (1992) *Communitarianism and Individualism*, Oxford: Oxford University Press)

Ballesty, S. (2007). *Building Information Modelling for Facilities Management*. CRC for Construction Innovation.

Bansal, P., Krueger, R., & Graham, D. J. (2021). Fast Bayesian estimation of spatial count data models. *Computational Statistics & Data Analysis*, 157.

Bao, H. et al. (2020). DFCNN-Based Semantic Recognition of Urban Functional Zones. *Remote Sensing*, 12, 1088.

Bechhofer, S., De Roure, D., Gamble, M., Goble, C., & Buchan, I. (2010). Research objects: Towards exchange and reuse of digital knowledge. *Nature Precedings*, 1-1.

Belhajjame, K., Zhao, J., Garijo, D., Garrido, A., Palma, R., Corcho, O., ... & Goble, C. (2015). Using ontologies to document provenance of semantic scientific workflows. *Journal of Web Semantics*, 32, 1-16/

Berry, J. K. (1999). *GIS technology in environmental management*. Public Administration and Public Policy.

Bertalanffy, L. V. (1969). *General system theory: foundations, development, applications*. George Braziller Inc.

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice (5th ed.)*. Cambridge University Press.

Bondarenko, E., & Shorokhova, R. (2018). Algorithm of practical development of the interactive thematic map critical infrastructure of Kyiv city. *Bulletin of KNU. Geography*, 2(71).

Breur, T. (2016). Statistical Power Analysis and the contemporary "crisis" in social sciences. *Journal of Marketing Analytics*, 4.

Brilhante, O., & Klaas, J. (2018). Green city concept and a method to measure green city performance. *Sustainability*, 10(6).

Brooks, N. (1998). *Conceptualizing adaptation to climate change and the role of adaptive capacity*. Tyndall Centre for Climate Change Research.

Carlson, J. L. et al. (2012). *Resilience: Theory and Application*. Argonne National Lab.

Casado-Arzuaga, I. et al. (2014). Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems. *Landscape ecology*, 29.

Caves, R. W. (2004). *Encyclopedia of the City*. Routledge.

Couclelis, H. (2009). *Activity modeling with GPS tracking data.* <https://www.researchgate.net/publication/237776990>

Cunningham, S. (2002). *The restoration economy: The greatest growth opportunity of our twenty-first century.* Berrett-Koehler Publishers.

Dahl, R. A. (2005). *Who governs?: Democracy and power in an American city.* Yale University Press.

Dawwas, E. (2014). The evolution of GIS as a land use planning conflict resolution tool. *American Journal of GIS*, 3(1).

DeMers, M. N. (1999). *Fundamentals of geographic information systems* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

De Waal, M. (2014). *The city as interface: How digital media are changing the city.* nai010 publishers

de Wilde, M. (2024). The Intensity of Local Immigration Conflict. *Social Problems*.

Drucker, P. F. (1954). *The practice of management.* Harper & Row.

Dutta, S. et al. (2014). *Development of GIS-based spatial modeling.*

Eames, E., & Goode, J. G. (Eds.). (1977). *Anthropology of the City.* Prentice-Hall.

Easton, D. (1957). An approach to the analysis of political systems. *World politics*, 9(3).

Eldrandaly, K. A., & Abdallah, A. F. (2012). A novel GIS-based decision-making framework for the school bus routing problem. *Geo-spatial Information Science*, 15(1).

Ellegård, K., & Svedin, U. (2012). Torsten Hägerstrand's time-geography. *Journal of Transport Geography*, 23.

Ewers, M. C. (2007). Migrants, markets and multinationals: competition among world cities. *GeoJournal*, 68.

Foltman, L. et al. (2019). *How redlining continues to shape racial segregation in Milwaukee.* <https://www.wiscontext.org/how-redlining-continues-shape-racial-segregation-milwaukee>

Freksa, C., & Barkowsky, T. (2020). *On the relations between spatial concepts and geographic objects*. CRC Press.

Esri. (2024). *Enhancing Autodesk workflows with ArcGIS*. Esri Blog. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis/aec/enhancing-autodesk-workflows-with-arcgis>

Ganshof, F.-L. (1947). *Qu'est-ce que la féodalité?* Bruxelles.

Garde, A. (2018). Value of postmodernism for urban planning and design. *Journal of Architectural and Planning Research*, 35(4).

Glanville, R. (2007). Try again. Fail again. Fail better. *Kybernetes*, 36.

Gobeawan, L. et al. (2018). Modeling trees for virtual singapore: from data acquisition to citygml models. *ISPRS Archives*, XLII-4/W10.

Gomez, B., & Jones III, J. P. (Eds.). (2010). *Research methods in geography*. John Wiley & Sons.

Gordon, I. (1999). Internationalisation and urban competition. *Urban studies*, 36.

Görentaş, B. (2018). Imagining Geography: National Identity, Narrative and Bordering. *Anemon*, 6(1).

Gorrell, J., Jean-Philippe, J. R., Ries, S. R., Butler, N. C., Wright, C. J., & Clough, A. (2023). Geospatial analysis of urban heat island effects and tree equity. *Open Journal of Forestry*, 14(1), 1–18.

Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? Papers of the Regional Science Association, 24(1), 6–21

Haldane, J. S. (1931). *The philosophical basis of biology*. Hodder & Stoughton.

Hassner P. (1997). Obstinate and obsolete: Non-territorial claims and territorial solutions. In T. G. Fraser & K. Jeffery (Eds.), *Maintaining order: Making peace* (pp. 9–22). Macmillan Press. doi.org

Hirsch, J. et al. (2016). The analysis of customer density, tenant placement and coupling inside a shopping centre with GIS. *Journal of Property Research*, 33(1).

Holsapple, C. W. (Ed.). (2003). *Handbook on decision support systems* (Vols. 1–2). Springer.

Hsieh, H. P. et al. (2015). *Inferring air quality for station location recommendation based on urban big data.* ACM SIGKDD.

Hand, D. J. (1998). Data mining: Statistics and more? *The American Statistician*, 52(2), 112–118.

Huang, C. et al. (2007). Satellite Remote Sensing and Dynamic Variation of Urban Land Use Changes. *J. Geo-Inf. Sci.*, 9.

Hutchison, R. (Ed.). (1992). *Gentrification and urban change.* JAI press Ltd.

Ievsiukov, T. et al. (2022). Topographic and geodetic support for the development of the GIS register of Polish burials. *Scientific Papers. Series E*, 11.

Irving, A. (1993). The modern/postmodern divide and urban planning. *University of Toronto Quarterly*, 62(4).

Jackson, K. (1985). *Crabgrass Frontier: The suburbanization of the United States.* Oxford University Press.

Joshi, S., Saxena, S., Godbole, S., & Shreya. (2016). Developing smart cities: An integrated framework. *Procedia Computer Science*, 93, 902–909.

Johnston, R. J. (1971). *Urban residential patterns: An introductory review.* G. Bell & Sons.

Juran, J. M. et al. (Eds.). (1974). *Quality control handbook.* McGraw-Hill.

Kahn, B.K., Strong, D.M. and Wang, R.Y. (2002). Information Quality Benchmarks: Product and service performance. *Communications of the ACM*, 45(4), 184–192.

Kedron, P., Li, W., Fotheringham, A. S., & Goodchild, M. F. (2021). Reproducibility and replicability in GIScience: Challenges, opportunities, and a research agenda. *Transactions in GIS*, 25(3), 1133–1154. <https://doi.org/10.1111/tgis.12812>

Kelsen, H. (2017). *General Theory of Law and State.* Harvard University Press.

Keshtkaran, R. (2019). Urban landscape: A review of different perspectives and concepts. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 13(2), 158–163.

Korchevska, A., Vyhovska, I., Nahrebelna, L., & Polishchuk, V. (2023). Modeling of traffic flow distribution on the road network. *Dorogi i Mosti*, 27, 253–266.

Kristensson, P. O., Dahlback, N., Anundi, D., Bjornstad, M., Gillberg, H., Haraldsson, J., ... & Stahl, J. (2008). An evaluation of space time cube representation of spatiotemporal patterns. *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, 15(4), 696-702.

Lai, S. K. (2020). *Planning within complex urban systems*. Routledge.

Le Corbusier. (1923). *Vers une architecture [Towards a new architecture]*. Editions Crès

Lévy, J. (Ed.). (2015). *A Cartographic Turn: Mapping and the Spatial Challenge in Social Sciences*. EPFL Press.

Li, Z., & Ning, H. (2023). Autonomous GIS: the next-generation AI-powered GIS. *International Journal of Digital Earth*, 16(2).

Liashenko, D., Tykhonenko, B., Palienko, O., Trofymenko, P., & Malik, T. (2022). Multidimensional geoinformation modeling of public transport in Bila Tserkva. In *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (Vol. 2022, pp. 1–5).

Liu, B. et al. (2021). Classification schemes and identification methods for urban functional zone. *Applied Sciences*, 11.

Low, S. (2016). *Spatializing culture: The ethnography of space and place*. Routledge.

Massey, D. B. (2009). Concepts of space and place. SAGE Publications.

Marzluff, J. M. et al. (Eds.). (2008). *Urban Ecology: An International Perspective*. Springer.

Medina García, E. (2006). Aportaciones para una epistemología de los estudios sobre fronteras internacionales. *Estudios fronterizos*, 7. Medina-García, M. (2006).

Miller, H. (2008). Time Geography. In *Encyclopedia of GIS*. Springer.

Miller, H. J. (2017). Time Geography and Space-Time Prism. In *International Encyclopedia of Geography*. John Wiley & Sons.

Miller, H. J., & Goodchild, M. F. (2015). Data-driven geography. *GeoJournal*, 80.

Miller, H. J., & Han, J. (Eds.). (2009). *Geographic data mining and knowledge discovery*. Taylor and Francis.

Mohamad, M. Y. et al. (2015). A GIS application for location selection... for shopping malls. *American Journal of GIS*, 4(2).

Newman, D. (2006). The lines that continue to separate us: borders in our 'borderless' world. *Progress in Human Geography*, 30(2).

Painter, J. (2010). Rethinking territory. *Antipode*, 42(5), 1090–1118.

Qian, F. et al. (2022). Comprehensive landscape characteristics of the arable land red line in Donggang, China. *Earth Sciences Research Journal*, 26(1).

Olmsted, F. L. (1863). *Report on a plan for laying out a portion of the north end of the island of Manhattan*. Wm. C. Bryant & Co.

Raaflaub, K. A. et al. (2007). *Origins of Democracy in Ancient Greece*. University of California Press.

Reckwitz, A. (2020). The Society of Singularities. In *Futures of the Study of Culture*. De Gruyter.

Reid, J. (2022). *Conflict Management, Ethnicity, and Religion*.

Roche, S. (2014). GIS Science I: Why does a smart city need to be spatially enabled?. *Progress in Human Geography*, 38.

Rodrigue, J. P. (2020). *The Geography of Transport Systems*. <https://transportgeography.org/contents/>

Rönkkö, E. et al. (2018). Cybernetics and the 4D Smart City: Smartness as Awareness. *Challenges*, 9(1).

- Schein, E. H. (2010).** *Organizational culture and leadership*. Jossey-Bass.
- Schirpke, U. et al. (2021).** Effects of past landscape changes on aesthetic landscape values in the European Alps. *Landscape and Urban Planning*, 212.
- Shields, R. (2012).** Cultural topology: The seven bridges of Königsburg, 1736. *Theory, Culture & Society*, 29.
- Sitte, C. (1945).** *The art of building cities: City building according to its artistic fundamentals* (C. T. Stewart, Trans.). Reinhold Publishing Corporation.
- Smith, N., & Williams, P. (1986).** *The gentrification of the city*. Allen & Unwin.
- Smuts, J. C. (1926).** Holism and evolution. Macmillan & Co.
- Staeheli, L., & Mitchell, D. (2007).** Locating the public in research and practice. *Progress in Human Geography*, 31.
- Steiner, F. R. (2002).** *The living landscape: An ecological approach to landscape planning* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Stigler, S. (1986).** *The history of statistics*. Belknap Press.
- Sanz-Casado, E., & Lascurain-Sánchez, M. L. (2023).** *The objectives of scientific research in the era of open science and big data*. Springer Nature.
- Tomlinson, R. F. (2011).** *Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers*. Esri Press.
- Tomlinson, R. F., Calkins, H. W., & Marble, D. F. (1976).** *Computer handling of geographical data: An examination of selected information systems*. UNESCO Press.
- Ullman, E. L. (1941).** A theory of location for cities. *American Journal of Sociology*, 853-864.
- Ullman, E. L. (1954).** Geography as spatial interaction. *Interregional Linkages*, 63-71.
- Ullman, E. L., & Dacey, M. F. (1960).** The minimum requirements approach to the urban economic base. *Papers of the Regional Science Association*, 6.

Ustinovichius, L., Barvidas, A., Vishnevskaja, A., & Ashikhmin, I. V. (2011). Multicriteria verbal analysis of territory planning system's models from legislative perspective. *Journal of civil engineering and management*, 17(1), 16-26.

Van Dijk, S. et al. (2002). Using genetic algorithms for solving hard problems in GIS. *GeoInformatica*, 6(4).

van Oort, P. A. J. (2006). *Spatial data quality: From description to application* (Publications on geodesy, No. 60). NCG.

Wanek, D. (2003). *Fuzzy Spatial Analysis Techniques in a Business GIS Environment*. ERSA conference papers.

Wolf, J. et al. (2005). *Elimination of the Travel Diary: Experiment to Derive Trip Purpose from GPS Data*.

Xia, L., & Anthony, G. (2000). Modelling sustainable urban development by cellular automata and GIS. *International Journal of GIS*, 14.

Xia, L., & Anthony, G. (2005). Integration of genetic algorithms and GIS for optimal location search. *International Journal of GIS*, 19.

Xiao, N. (2016). *GIS algorithms: Theory and application*.

Xu, H., & Zhang, C. (2023). Development and applications of GIS-based spatial analysis in environmental geochemistry. *Environmental Geochemistry and Health*, 45.

Yeh, A. G. (1999). Urban planning and GIS. *Geographical information systems*, 2.

Zeng, Q. et al. (2022). Bayesian multivariate spatial modeling for crash frequencies. *Transportation Letters*, 1-8.

Додатки

Додаток А.

Чек-лист: Технологічний воркшоп з планування МГІС

Блок 1: Стратегічне вирівнювання (Мета та задачі)

Чи всі учасники розуміють кінцеву мету створення ГІС (наприклад, перехід до "цифрового двійника" чи виконання вимог ЗУ НІГД)?

Які ключові проблеми міста ми хочемо вирішити в першу чергу (черги на отримання дозволів, пориви мереж, хаотична забудова)?

Хто є головним "замовником" результатів (голова громади, депутати чи мешканці)?

Блок 2: Інвентаризація та аналіз даних (Current State)

Які дані вже існують у цифровому вигляді (Excel, AutoCAD, Shapefile)?

Де зберігаються паперові архіви (планшети 1:500, старі генплани) і в якому вони стані?

Чи є дані, що дублюються різними службами (наприклад, адреси у водоканалу та в управлінні архітектури)?

Яка частота оновлення існуючих даних (щодня, раз на рік, ніколи)?

Блок 3: Визначення інформаційних продуктів (Requirements)

Які конкретні карти, звіти чи аналітичні дашборди потрібні фахівцям для щоденної роботи?

Чи потрібна публічна карта для мешканців (збір скарг, інвестиційні ділянки)?

Який рівень точності необхідний (сантиметри для мереж чи метри для зонінгу)?

Блок 4: Технічна архітектура та інструменти

Чи є в муніципалітеті серверні потужності для зберігання баз геоданих?

Яке програмне забезпечення є пріоритетним: комерційне (ArcGIS) чи з відкритим кодом (QGIS)?

Як буде забезпечено доступ для польових працівників (планшети, мобільний інтернет)?

Чи є потреба в інтеграції з датчиками IoT (камери, лічильники, GPS на транспорті)?

Блок 5: Процеси та регламенти (Maintenance)

Хто буде відповідальним за внесення нових даних (адміністратор ГІС чи кожна служба самостійно)?

Як ми змусимо забудовників подавати зйомку в цифровому форматі?

Який порядок доступу до даних (хто бачить усе, а хто — лише обмежені шари)?

Блок 6: Ризики та ресурси

Чи достатньо кваліфікації у персоналу для роботи з новою системою?

Які кошти закладені на закупівлю ПЗ та оцифрування архівів?

Що станеться, якщо фінансування проекту припиниться через рік?

Опис інформаційного продукту: «Карта моніторингу аварійності та зносу водопровідних мереж»

Цей продукт розроблений для Департаменту житлово-комунального господарства та аварійних служб міста.

1. Мета та завдання (Purpose and Objectives)

Мета: Візуалізація технічного стану трубопроводів для пріоритезації ремонтних робіт та запобігання аваріям.

Завдання: Виявлення ділянок з критичним терміном експлуатації, аналіз частоти проривів на одиницю довжини мережі, розрахунок потенційних збитків від аварій.

2. Вимоги до даних (Data Requirements)

Векторні шари: Осі трубопроводів (лінії), запірна арматура та колодязі (точки), межі районів обслуговування (полігони).

Атрибутивні дані: Матеріал труби, діаметр, рік прокладання, глибина залягання, кількість зафіксованих аварій за останні 5 років.

Джерела: Виконавча документація забудовників, журнали аварійних виїздів, дані телеінспекції мереж.

3. Логіка аналізу та інструментарій (Analysis Logic)

Просторовий аналіз: Побудова буферних зон навколо аварійних ділянок для оцінки кількості відключених споживачів.

Тематичне картування: Градація мереж за кольором (зелений — новий стан, жовтий — термін експлуатації > 20 років, червоний — критичний знос або > 3 аварій на рік).

Інструменти: Просторовий Join (зв'язок таблиць інцидентів з геометрією труб), Heatmap (карта щільності аварій).

4. Вихідний продукт (Output Product)

Формат: Інтерактивна веб-карта з доступом через внутрішній геопортал.

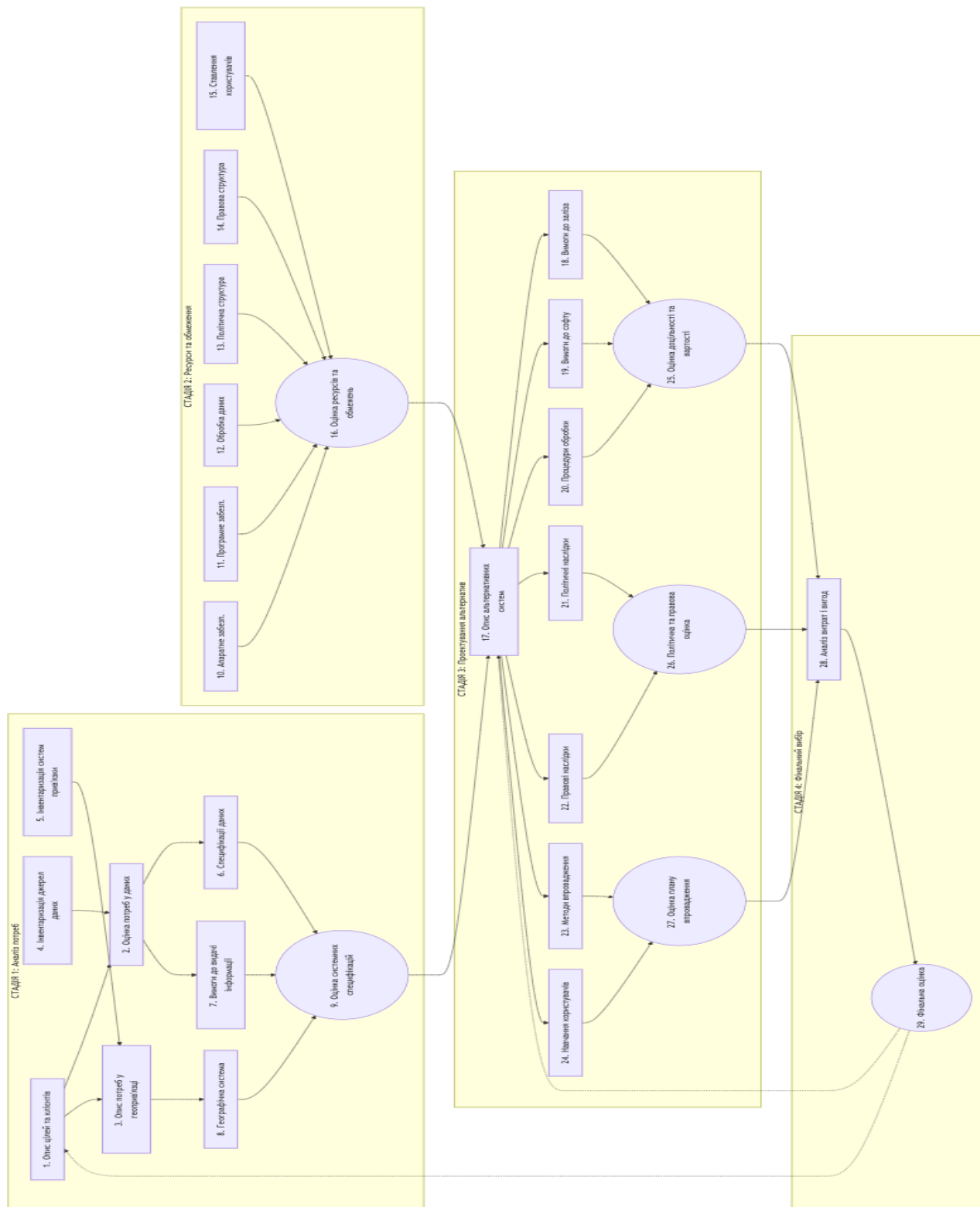
Візуалізація: Динамічний дашборд із графіками зносу по кожному району міста.

Режим оновлення: Щотижневий автоматизований імпорт звітів про аварійні роботи.

5. Користувачі та безпека (Users and Security)

Основні користувачі: Диспетчери водоканалу, головні інженери ДЖКГ, профільні заступники мера.

Рівень доступу: Внутрішнє використання (інформація про точне залягання стратегічних комунікацій є службовою).



Перелік профільних наборів просторових даних

Назва набору	Дані
Кадастрові зони та квартали	Межі земельних ділянок, об'єднання земельних ділянок у місті, яке обмежене інженерними спорудами або природними межами.
Транспорт загального користування	Залізничний, морський, річковий, автомобільний і авіаційний, а також міський електротранспорт, у тому числі метрополітен), промисловий залізничний транспорт, відомчий транспорт, трубопровідний транспорт, шляхи сполучення загального користування, а також пов'язана з ними інфраструктура, вузли взаємодії різних видів транспорту
Природоохоронні території та об'єкти	Території та об'єкти природно-заповідного фонду, їх функціональні та охоронні зони, території, зарезервовані з метою наступного заповідання, території та об'єкти екомережі, території Смарагдової мережі, водно-болотні угіддя міжнародного значення, біосферні резервати програми ЮНЕСКО "Людина і біосфера", об'єкти всесвітньої спадщини ЮНЕСКО)
Геологічна будова	Будова надр, інженерно-геологічне районування
Статистичні одиниці	Просторові одиниці та їх кодування для поширення або використання статистичної інформації);
Типи землекористування	(функціональні зони; категорії земель за цільовим призначенням; види цільового призначення земель та земельних ділянок); результати моніторингу навколишнього

Перелік профільних наборів просторових даних

	природного середовища, результати спостережень і вимірювання стану довкілля та інші параметри екосистем;
Інформація про безпеку життєдіяльності людини	Санітарно-епідеміологічну ситуацію, ризики поширення інфекційних захворювань, вплив екологічного стану довкілля на здоров'я населення);
Місцезнаходження органів державної влади та органів місцевого самоврядування, служб, закладів, підприємств, установ та організацій	Водовідведення і каналізації, управління відходами, енерго- і водопостачання), центрів надання адміністративних послуг, закладів освіти, охорони здоров'я, соціального обслуговування;
Виробничі, логістичні об'єкти,	Водозабірні споруди, споруди гірничодобувної промисловості, складські об'єкти;
Споруди сільського господарства та аквакультури	Сільськогосподарські споруди, у тому числі меліоративні системи, теплиці, оранжереї, господарські двори та споруди);
Розподіл населення, демографію	Постійне населення за статтю та віком, чисельність наявного населення, природний рух населення, народжуваність, смертність, середня очікувана тривалість життя, соціальні індикатори рівня життя населення);

Перелік профільних наборів просторових даних

<p>Територіальні зони, зони регулювання, обмеження у використанні земель та облікові одиниці</p>	<p>Території, щодо яких здійснюються особливе регулювання та/або звітування на міжнародному, загальноєвропейському, національному, регіональному та місцевому рівнях; об'єкти поводження з відходами; обмеження у використанні земель (охоронні зони, зони санітарної охорони, санітарно-захисні зони, зони особливого використання земель, водоохоронні зони, прибережні захисні смуги, пляжні зони, смуги відведення, зони особливого режиму забудови, зони радіоактивного забруднення, зони надзвичайних екологічних ситуацій, спеціальні сировинні зони для виробництва сільськогосподарської продукції);</p>
<p>Зони природного ризику:</p>	<p>Зони надзвичайної екологічної ситуації, деградовані землі (земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусу, зсувів, - карстоутворення, повеней, добування корисних копалин)</p>
<p>Атмосферні умови:</p>	<p>Атмосферне повітря, у тому числі атмосферні опади, викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, зони та агломерації для моніторингу атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря; метеорологічні географічні характеристики (погодні умови та їх вимірювання, опади, температура, вміст водяної пари, швидкість і напрям вітру)</p>
<p>Біогеографічні регіони</p>	<p>Еколого-економічне, протиерозійне та інші види районування); природні оселища (біотопи): ділянки суші чи водного простору природного або напівприродного походження</p>

Перелік профільних наборів просторових даних

Мінеральні ресурси	Родовища підземних вод, геохімічні, геофізичні аномалії)
Об'єкти культурної спадщини	Території та буферні зони, зони охорони пам'яток культурної спадщини, історичні ареали населених місць, історико-культурні заповідники, історико-культурні заповідні території, охоронювані археологічні території, музеї.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ НА ЗАЛІК З ДИСЦИПЛІНИ «МУНІЦИПАЛЬНІ ГІС»

1. Типи та елементи планувальної структури муніципалітету
2. ГІС в системі муніципального управління
3. Роль міського кадастру при муніципальному управлінні
1. Каркас концептуальних моделей у ГІС
2. Діаграми сутність- зв'язок для муніципального планування та управління
3. Діаграми UML для муніципального планування та управління
4. Особливості концептуального моделювання предметної області в МГІС
5. Використання ГІС в муніципальному управлінні
6. Використання ГІС для моделювання інженерних мереж в муніципальному управлінні
7. Використання ГІС для транспортних задач в муніципальному управлінні
8. Використання ГІС для управління зеленими насадженнями
9. Використання ГІС для організації туристичної діяльності
10. Використання ГІС для демографічного моніторингу
11. Використання ГІС для природоохоронних задач у муніципалітеті
12. Загальні відомості про інтеграцію технологій ГІС, ДЗЗ та GPS.
13. Моделі інтеграції технологій геоінформаційних систем, дистанційного зондування Землі та навігаційних супутникових систем
14. Аналіз розвитку ринку програмного забезпечення для завдань управління
15. Аналіз розвитку ринку відкритих настільних ГІС
16. Технологічні проблеми впровадження ГІС у систему муніципального управління
17. Проблеми інтеграції даних для муніципального управління
18. Джерела даних ГІС для муніципального управління

19. Задачі муніципального управління, що розв'язуються за допомогою ДЗЗ
20. Загальні відомості про геопортали для муніципального управління.
21. Еволюція програмного забезпечення для геопорталів.
22. Функції геопорталів для муніципального управління.
23. Геопортал як засіб інформування споживачів про реалізацію муніципальних послуг та функцій.
24. Інформаційний обмін між органами влади в царині муніципального управління.
25. Загальна характеристика екологічних задач для муніципального управління

УДК 529:911.375:004.9:352ББК 26.179(4Укр)я73 + 65.050.2я73

Рекомендовано до друку Вченою радою ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 11 від «15» квітня 2026 р.)

Рецензенти:

Юрій Палеха — доктор географічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи та керівник центру ГІС у НДІ проектування міст «Діпромісто» (Київ);

Віктор Путренко — доктор технічних наук, професор кафедри Американ Юніверсіті (Київ), директор агенції геопросторових рішень «Агеора»;

Ірина Гукалова — доктор географічних наук, Інститут географії НАН України (Київ).

Ляшенко Д. Муніципальні геоінформаційні системи : навчальний посібник / Д. Ляшенко ; за заг. ред. В. К. Зацерковного. — К., 2026. — 204 с.

В умовах активізації глобалізаційних процесів та конфліктів у світі, значення міст як домівки для більшості населення планети Територія міст, - це мозаїка забудови, інфраструктури, виробництва, публічних просторів. З метою попередження та подолання конфліктів у міському середовищі, упорядкування інформації про територію міст та обґрунтуванню прийняття рішень управлінцями та громадами використовуються міські або муніципальні геоінформаційні системи.

Начальний посібник рекомендовано для здобувачів, що навчаються за спеціальністю G18 «Геодезія та землеустрій», окремі положення можуть бути корисними для здобувачів спеціальностей G08 «Географія» та G17 «Архітектура та містобудування».

У роботі викладено історію організації міського простору, особливості управління містами а також сучасні підходи до проектування та створення муніципальних ГІС.

© Д. Ляшенко, 2026 © ННІ «Інститут геології» КНУ імені Тараса Шевченка, 2026
Обкладинка: ілюстрація створена з використанням нейромережі Gemini (Google) за запитом Д. Ляшенко. Дизайн та верстка: Д. Ляшенко.

Підписано до друку: 15.04.2026 Формат 60x84/16.



ЛЯШЕНКО ДМИТРО ОЛЕКСІЙОВИЧ - доктор географічних наук, професор, професор кафедри геоінформатики ННІ "Інститут геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сфера наукових інтересів: географія, картографія, геоматика, геоінформаційні системи і технології, дистанційне зондування Землі. Брав участь в створенні Національного атласу України. Автор і співавтор понад 250 наукових і методичних праць, серед яких 3 атласи, 3 монографії, 7 навчальних видань. e-mail: uageog@gmail.com