

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет урбаністики та просторового планування  
Кафедра: міського господарства

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
на тему:  
МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ВПЛИВУ МІСТ**

Лонська Анна Фрідріхівна

Київ 2023

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет урбаністики та просторового планування

Кафедра: міського господарства

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри

---

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ВПЛИВУ МІСТ**

Виконала студентка групи МБГм-22-2

Лонська Анна Фрідріхівна

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

Спеціалізація: Міське будівництво та господарство

Керівник доц. Мамедов А.М.

Київ 2023

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: урбаністики та просторового планування

Кафедра: міського господарства

Освітній рівень: магістр за ОПП

Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Спеціалізація: «Міське будівництво та господарство»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету

\_\_\_\_\_ року  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Метод визначення зон впливу міст.

затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

2. Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Мамедов Алірза Махмуд огли к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 21 грудня 2023р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Сучасні підходи до міського планування.

Р. 2. Методологія та інструментарій.

Р. 3. Гравітаційні моделі в геоінформаційних системах: обґрунтування  
валідності та застосування.

Р. 4. Висновки.

Р. 5. Список використаних джерел.

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Тема, мета, предмет та задачі дослідження. Схема роботи системи  
місцевої влади в Україні після децентралізації.

Р. 2. Переваги використання реєстру виборців для побудови моделі.

Формула гравітаційної моделі.

Р. 3. Аспекти успішної адаптації до сучасних умов.

Р. 4. Висновки.

7. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;  
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	03.10.2023
Розділ 1. Сучасні підходи до міського планування	17.10.2023
Розділ 2. Методологія та інструментарій	31.10.2023
Розділ 3. Гравітаційні моделі в геоінформаційних системах: обґрунтування валідності та застосування	14.11.2023
Розділ 4. Висновки	28.11.2023
Список літератури	05.12.2023
Остаточне оформлення роботи	12.12.2023
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	14.12.2023
Попередній захист роботи на кафедрі	14.12.2023

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Мамедов А.М., доцент	17.10.2023	
Розділ 2.	Мамедов А.М., доцент	31.10.2023	
Розділ 3.	Мамедов А.М., доцент	14.11.2023	
Розділ 4.	Мамедов А.М., доцент	28.11.2023	

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Апостолова-Сосса Л.О.

\_\_\_\_\_

Мамедов А. М.

\_\_\_\_\_

Лонська А. Ф.

\_\_\_\_\_

<b>РЕЗЮМЕ</b> (summary) до атестаційної випускної роботи студента:		<i>Лонська Анна Фрідріхівна</i>	
Назва ВНЗ	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема			
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Урбаністики та просторового планування		
Кафедра	Міського господарства		
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія		
Спеціалізація /група	Міське будівництво та господарство /МБГм-22-2		
Керівник			
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	78	3	0
Розділ 1 Сучасні підходи до міського планування	Розглянуто сучасні тенденції у міському плануванні. Визначено роль та переваги геоінформаційних систем у географії та міському плануванні. Аналіз гравітаційних моделей, порівняння гравітаційних моделей з іншими моделями.		
Розділ 2 Методологія та інструментарій	Вибір об'єкта дослідження та його характеристика. Розробка та налаштування гравітаційної моделі для міського середовища		
Розділ 3 Гравітаційні моделі в геоінформаційних системах: обґрунтування валідності та застосування	Обґрунтування валідності отриманих результатів гравітаційної моделі. Опис застосування гравітаційних моделей у геоінформаційних системах (ГІС).		
Висновки	Висновки стосовно гравітаційної моделі для визначення зон впливу міст як потужного аналітичного інструменту та стратегічного підходу для подальшого вдосконалення міського планування.		
<b>Ключові слова:</b>			
<b>Keywords:</b>			

Укладач: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Керівник: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МІСЬКОГО ПЛАНУВАННЯ	11
1.1 Сучасні тенденції у міському плануванні	11
1.2 Роль та переваги геоінформаційних систем у географії та міському плануванні	17
1.3 Гравітаційні моделі: теорія та практика в міському розвитку	21
1.3.1 Порівняння гравітаційних моделей з іншими моделями	25
1.4 Попередні дослідження у використанні ГІС та гравітаційних моделей у зонуванні міст	29
1.4.1 Історична довідка	29
1.5 Вплив технологій на розвиток міських територій	37
2. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ	43
2.1 Вибір об'єкта дослідження та його характеристика	43
2.1.1 Розробка та налаштування гравітаційної моделі для міського середовища	47
3. ГРАВІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ: ОБҐРУНТУВАННЯ ВАЛІДНОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ	58
3.1 Обґрунтування валідності отриманих результатів гравітаційної моделі	58
3.2 Застосування гравітаційних моделей у геоінформаційних системах (ГІС)	62
3.2.1 Моделювання пересувань та транспортних потоків	63
3.2.2 Адаптація до сучасних умов	65
3.2.3 Гнучкі робочі практики	67
3.2.4 Екологічна стійкість	68
3.2.5 Освіта та розвиток навичок	69
3.2.6 Глобальна співпраця	71
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	77

## ВСТУП

У наш час, чим швидше розвивається світ, тим складнішими стають виклики, що постають перед містами. Управління міським розвитком стає важливим завданням, яке потребує новаторських рішень та глибокого розуміння динаміки міського середовища. Одним із ключових аспектів управління містами є раціональне зонування, яке вимагає ефективного розподілу ресурсів та визначення стійких та продуктивних стратегій розвитку.

Використання геоінформаційних систем (ГІС) стає вирішальним фактором у вирішенні проблем міського планування, надаючи можливість отримання деталізованих та зручних для аналізу даних. Гравітаційні моделі, які відображають потенційні потоки взаємодії між різними зонами міста, розширюють можливості передбачення та оптимізації його розвитку.

**Актуальність роботи** полягає у вирішенні наростаючих проблем, пов'язаних із швидким розвитком міських територій. Міста стають центральними фокусами соціальних, економічних та екологічних процесів, що ставить перед вченими та планувальниками великі виклики.

Дослідження методів визначення зон впливу міст набуває важливості у контексті зростання населення та інтенсивного розвитку міських територій. Актуальність роботи випливає з необхідності глибокого аналізу впливу міських областей на соціальні та економічні структури.

В рамках стратегій сталого розвитку важливо враховувати вплив міст на ринки праці, соціальні послуги та інфраструктуру. Аналіз зон впливу міст дозволяє ідентифікувати соціально-економічні виклики, встановлювати тенденції взаємодії між містами та їхнім оточенням, а також розробляти стратегії для забезпечення сталого розвитку.

Використання передових технологій, зокрема геоінформаційних систем, в контексті методів визначення зон впливу міст підкреслює соціально-економічний вимір актуальності роботи. Розвиток ефективних методів визначення зон впливу міст може сприяти формуванню "розумних міст", де соціальні та економічні аспекти піддаються оптимізації за допомогою технологій.

Таким чином, дослідження цієї теми є не лише актуальним у сучасному світі, але також визначальним для соціального та економічного розвитку міських територій. Застосування передових технологій, зокрема геоінформаційних систем (ГІС), в контексті методів визначення зон впливу міст підкреслює технологічний аспект актуальності роботи. Розробка ефективних методів визначення зон впливу міст має потенціал сприяти розбудові "розумних міст", де технології використовуються для оптимізації життя мешканців та збереження ресурсів.

Отже, дослідження цієї теми не тільки актуальне в контексті сучасних викликів, але і важливе для визначення майбутнього сталого розвитку міських територій. Впровадження геоінформаційних систем (ГІС) та гравітаційних моделей у практику зонування міст стає актуальним завдяки їхній потужності враховувати комплексні

географічні, економічні та соціальні аспекти. Це дозволяє максимізувати використання міських ресурсів, зменшити екологічний вплив та створити оптимальні умови для задоволення потреб населення.

Такий підхід впровадження новітніх технологій у процес міського розвитку відкриває перспективи для розробки та впровадження ефективних стратегій, спрямованих на поліпшення якості міського середовища та забезпечення сталого розвитку міст в умовах сучасних викликів.

**Об'єктом дослідження є міські території та їхні зони розвитку.**

**Предметом дослідження є вплив використання геоінформаційних систем (ГІС) та гравітаційних моделей на методи зонування міст, а також їхній внесок у сталість та ефективність міського розвитку.**

Міське планування та зонування в сучасних умовах потребують інноваційних підходів для врахування складності та динаміки міського середовища. Об'єктом дослідження обрано міські території, оскільки саме на них зосереджена інтенсивна економічна, соціальна та екологічна діяльність.

Предмет дослідження обрано з метою розкриття потенціалу використання ГІС та гравітаційних моделей у процесах зонування міст. Аналіз впливу цих інструментів на методи планування дозволить визначити їхню роль у сталому розвитку міст та підвищенні їхньої ефективності.

Такий вибір об'єкта та предмета дослідження сприятиме більш глибокому розумінню механізмів міського планування та допоможе в розробці нових стратегій, що сприятимуть сталому розвитку міст.

**Мета** вивчення впливу використання геоінформаційних систем (ГІС) та гравітаційних моделей на методи зонування міст і їхній внесок у сталість та ефективність міського розвитку.

Задачі:

- Вивчення сучасних тенденцій у міському плануванні;
- Розгляд ролі та переваг геоінформаційних систем (ГІС) у географії та міському плануванні;
- Дослідження гравітаційних моделей
- Вивчення впливу технологій на розвиток міських територій;
- Розробка та налаштування гравітаційної моделі для міського середовища.

# 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МІСЬКОГО ПЛАНУВАННЯ

## 1.1 Сучасні тенденції у міському плануванні

Розвиток міст — це складний і багатогранний процес, який впливає не лише на економічний прогрес, а й на якість життя мешканців, екологічну стійкість та доступ до інноваційних технологій. [1]

Сучасний розвиток міст є невід’ємною частиною глобальних трансформацій у суспільстві, економіці та технологіях. Міста стають центрами інновацій, культури та економічного зростання, притягуючи все більше населення. Проте, разом із зростанням можливостей, міста стикаються з рядом складних викликів, що вимагають уважного планування та сталого розвитку.

Можна виділити такі складові сучасних тенденцій розвитку міста:

*Екологічний вимір* розвитку міст є ключовим аспектом, що визначає сталість та якість міського середовища. Сучасні умови міського життя поставляють перед містами великі виклики, пов’язані з екологічною стійкістю та збереженням навколишнього середовища.

Зелене планування та ландшафтна архітектура грають важливу роль у створенні екологічно стійкого міста. Забезпечення населення доступом до зелених зон, парків та екологічно чистих територій є важливим елементом забезпечення їхнього здоров’я та сприяє збереженню біорізноманіття.

Перехід до енергоефективних технологій та використання відновлювальних джерел енергії є обов'язковим для зменшення вуглецевого сліду міста. Сонячні панелі, вітрогенератори та ефективне управління енергією сприяють зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

Ефективне управління відходами та водопостачанням є необхідними для запобігання забрудненню та збереження водних ресурсів. Впровадження системи рециклінгу допомагає в управлінні відходами, а ефективні системи очищення стічних вод сприяють збереженню якості води.

Боротьба з забрудненням повітря та іншими типами забруднень вимагає строгих нормативів викидів та переосмислення автотранспортних засобів на основі альтернативних енергетичних джерел.

Захист природних резерватів та зон для збереження біорізноманіття стає важливим завданням для міст. Створення та підтримка екологічних зон є ключовим для збереження різноманіття рослин та тварин, а також підтримання екосистем.

Освіта та громадська участь грають роль у формуванні екологічної свідомості та залученні громади до спільних дій для збереження природи в місті. Об'єднані зусилля мешканців та влади сприяють створенню міста, яке не тільки розвивається економічно, але й зберігає природне довкілля для майбутніх поколінь.

*Економічний вимір* розвитку міста також є життєво важливим аспектом, оскільки відображає здатність міста створювати, утримувати та розширювати економічні можливості для своїх мешканців. Зниження

безробіття, створення нових робочих місць, підтримка інноваційного бізнесу та загалом забезпечення високого рівня економічної активності – це всі важливі аспекти, які визначають економічне процвітання міста. [2]

Основними складовими економічного виміру є:

- підприємництво та інновації: виникнення та розвиток нових бізнесів є суттєвим компонентом економічного процвітання. Місто повинно стимулювати підприємницьку активність та сприяти інноваційним ідеям;
- інфраструктура та логістика: якісна інфраструктура, включаючи транспортну мережу та логістичні системи, сприяє ефективній діяльності підприємств та привабливості міста для інвестицій.
- робоча сила та освіта: забезпечення місцевої робочої сили високим рівнем освіти та розвиток їхніх навичок є фундаментальним для сталого економічного зростання міста;
- інвестиції та фінансова стабільність: привертання інвестицій та забезпечення фінансової стабільності дозволяють містам реалізовувати стратегічні проекти та розвивати економіку;
- регіональна співпраця: взаємодія з іншими містами та регіонами сприяє обміну ресурсами та досвідом, що має важливе значення для загального економічного розвитку;
- інклюзивний економічний розвиток: забезпечення того, щоб економічний розвиток був інклюзивним, допомагає зменшити нерівності та забезпечити рівний доступ до можливостей для всіх;
- сталість та ресурсозбереження: збереження ресурсів та раціональне їх використання є ключовими для сталого економічного розвитку та довгострокової сталості.

В цілому економічне процвітання міста вимагає глибокого розуміння та ефективного управління цими різноманітними аспектами

для створення умов для сталого економічного зростання та поліпшення життя мешканців.

*Вимір соціальної інтеграції* в містах — це складний та важливий аспект, який визначає, наскільки глибоко та успішно різні групи мешканців взаємодіють, розвиваються та спільно формують соціокультурне середовище міста. Цей процес передбачає взаєморозуміння, взаємоприйняття та створення умов для активної участі всіх верств населення в соціальному, економічному та культурному житті міста.

Соціальна інтеграція включає в себе різноманітні аспекти, такі як:

- рівність та доступність: забезпечення рівних можливостей та доступності ресурсів для всіх мешканців міста, незалежно від їхньої соціальної, економічної чи культурної приналежності;
- культурна різноманітність: підтримка та визнання різноманітності культур, традицій та мов мешканців міста як важливого ресурсу для розвитку;
- активна громадянська участь: залучення всіх верств населення до процесів прийняття рішень та громадянської діяльності, що формує відчуття власної причетності до міського життя;
- інклюзивність освітнього простору: створення умов для розвитку освіти, що враховує потреби різних груп, включаючи людей з обмеженими можливостями;
- зменшення соціальних нерівностей: здійснення заходів для зменшення соціальних нерівностей та усунення бар'єрів, які можуть обмежувати розвиток окремих груп населення;

- сприяння взаємодії та спільності: створення платформ для взаємодії та спільної діяльності різних груп, сприяючи формуванню відчуття спільної приналежності.

Соціальна інтеграція є життєво необхідним елементом сталого розвитку міст, оскільки вона сприяє створенню відкритого та сприйнятливого соціокультурного середовища, в якому кожен мешканець має можливість реалізовувати свій потенціал та відчувати себе важливим членом спільноти.

*Вимір технологічної трансформації міст* визначається широким спектром інноваційних рішень, які включають в себе впровадження інтернету речей (IoT), використання штучного інтелекту, розробку смарт-інфраструктури та забезпечення доступу до цифрових сервісів для всіх верств населення.

Інтернет речей (IoT) – це мережа фізичних пристроїв (об'єктів), оснащених спеціалізованим програмним забезпеченням і датчиками, які забезпечують зв'язок і обмін даними. Будь-який об'єкт, від розумних домашніх приладів до промислових технологічних інструментів, може бути частиною IoT, якщо він може бути підключений до Інтернету; визначення IoT також включає в себе величезні мережі, які з'єднують пристрої, людей і навіть тварин через хмару.[3]

Одним із ключових напрямків технологічної трансформації міст є розвиток концепції смарт-міста. Це передбачає використання передових технологій для покращення якості життя мешканців та оптимізації використання міських ресурсів. Впровадження сучасних систем

моніторингу, розумних транспортних рішень та ефективного управління енергетикою робить міста більш сталими та зручними для проживання.[4]

Технологічна трансформація також відкриває нові можливості для розвитку громадських сервісів. Застосування мобільних додатків, онлайн-платформ для обміну інформацією та електронного урядування спрощує взаємодію між мешканцями та муніципалітетами. Це сприяє підвищенню рівня громадської участі та формуванню відкритих та прозорих громад( транспарентні громади — це муніципальні чи громадські утворення, які вирішили активно впроваджувати принципи прозорості та відкритості в свою діяльність. Транспарентність у громадах передбачає доступність інформації про прийняття рішень, витрати бюджетних коштів, участь громадян у прийнятті рішень та інші аспекти діяльності.)

Зростаюча кількість підключених пристроїв в містах забезпечує збір величезної кількості даних. Використання цих даних за допомогою аналітичних інструментів та штучного інтелекту дозволяє містам приймати обгрунтовані рішення щодо управління та розвитку. Водночас, важливо враховувати питання конфіденційності та безпеки в обробці цих великих обсягів інформації.

Технологічна трансформація міст створює не лише нові можливості, але й виклики. До них відносяться питання етики використання даних, забезпечення кібербезпеки та врегулювання взаємодії технологій із суспільством. Через це важливо розвивати комплексні стратегії та стандарти, які б забезпечували баланс між інноваціями та захистом інтересів громадян.

У світлі сучасних тенденцій, міста, які активно впроваджують технологічні рішення, отримують можливість стати більш життєздатними, сталими та привабливими для життя та бізнесу. Технологічна трансформація міст – це процес, який визначає майбутнє розвитку урбанізованого середовища та формує основу для створення інноваційного та ефективного міського простору.

## 1.2 Роль та переваги геоінформаційних систем у географії та міському плануванні

Сьогодні існує багато визначень терміну «географічна інформаційна система». Деякі з них відрізняються одне від одного, оскільки кожне з них трактує ГІС з власної точки зору.

Геоінформаційні системи (ГІС) – це сучасні комп'ютерні технології, що використовуються для картографування та аналізу об'єктів реального світу та подій, які відбуваються на Землі. Ця технологія поєднує у собі традиційні операції з базами даних, такі як статистичний аналіз, із можливостями повноцінної візуалізації та просторового аналізу, які надає карта. [5]

ГІС пропонує можливості для застосування до широкого кола завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозуванням екологічних явищ і подій.

ГІС пропонує унікальні можливості для застосування в широкому спектрі завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозуванням екологічних

явищ і подій, а також для розуміння та визначення їх потенційних наслідків.

Однією з найефективніших сфер застосування ГІС є сфера місцевого самоврядування.

ГІС є потужним і загально визнаним інструментом у національному та місцевому управлінні.

У багатьох країнах ГІС фактично стали потужним і загально визнаним інструментом у національному та місцевому управлінні. В одній лише Європі більшість муніципалітетів використовують ГІС для управління містом.

ГІС визнані як інструмент прийняття рішень у сфері міського управління та як інструмент для розробки планів і стратегій розвитку міських територій

ГІС як інструмент для створення стратегій розвитку міських територій визнані як інструмент прийняття рішень у сфері управління містом.

Здатність ГІС інтегрувати різноманітну інформацію з різних структур міського управління в єдине ціле.

ГІС може інтегрувати різноманітну інформацію з різних структур міського управління в єдиний інформаційний комплекс.

ГІС, що забезпечують взаємодію структур управління містом – є новітньою технологією для вдосконалення управління містом.

Впровадження ГІС означає перехід на новий, якісний рівень управління, планування, проектування та експлуатації складних муніципальних систем. Цей рівень має наступні особливості:

- 1) Управління містом в режимі реального часу;
- 2) Мінімізація та усунення дублювання функцій адміністративних органів на основі системної інтеграції міських даних;
- 3) Забезпечення взаємодії структур управління містом. Створення та використання єдиної бази даних міських даних;
- 4) Зменшення витрат за рахунок економії часу на виконання функцій з високим рівнем віддачі;
- 5) Підвищення продуктивності праці;
- 6) Збільшення збору податків.

Тому впровадження ГІС в управління містом є актуальним завданням для всіх світових міст. А також нагальне завдання для всіх українських міст.

Міське планування та забудова територій – це процес проектування та впорядкування міського простору з метою оптимального використання земельних ресурсів та створення житлових, комерційних, інфраструктурних та зелених зон. Ця діяльність охоплює розробку планів розвитку міста, враховуючи потреби населення, економічні та екологічні аспекти. [6]

Міське планування включає в себе:

1) Розташування об'єктів інфраструктури - планування мереж транспорту, систем водопостачання, енергетики та інших інженерних мереж.

2) Формування житлових та комерційних зон – створення оптимальної структури міста для розміщення житла, бізнесу, торгівлі та інших функціональних зон.

3) Створення зелених та рекреаційних площ – розробка парків, скверів та інших зон для відпочинку та рекреації населення.

4) Естетичний дизайн – врахування архітектурних та дизайнерських аспектів для створення гармонійного та естетичного міського середовища.

5) Екологічна сталість – збалансоване врахування екологічних аспектів для збереження природних ресурсів та створення екологічно чистих зон.

Цей процес спрямований на створення функціонально ефективних, зручних та сталих міських просторів, які задовольняють потреби мешканців та сприяють сталому розвитку міст.

Використання геоінформаційних систем (ГІС) у міському плануванні має низку переваг, які впливають на ефективність та точність процесу розробки та управління міським середовищем. Основними перевагами є:

1) Просторовий аналіз та візуалізація даних – ГІС дозволяє графічно відобразити та аналізувати географічні дані, сприяючи кращому сприйняттю та розумінню інформації.

2) Оптимізація розташування інфраструктури – ГІС використовується для раціонального розташування

інфраструктури, забезпечуючи ефективне використання міського простору;

3) Моделювання та прогнозування розвитку міста – за допомогою ГІС можна розробляти моделі для прогнозування розвитку міста та аналізу можливих варіантів розвитку;

4) Ефективне управління земельними ресурсами – ГІС сприяє обліку та ефективному управлінню земельними ресурсами, включаючи інформацію про власників та призначення земель.

5) Аналіз ризиків та екологічна сталість – ГІС дозволяє враховувати ризики та екологічні фактори при прийнятті рішень щодо розвитку міського середовища.

6) Залучення громадськості – ГІС може включати інструменти для взаємодії та залучення громадськості до процесів планування та ухвалення рішень;

7) Спільна робота та обмін даними – ГІС сприяє ефективному обміну географічною інформацією між різними департаментами та органами влади, полегшуючи спільну роботу та координацію дій.

В цілому, використання ГІС дозволяє покращити якість прийняття рішень та забезпечити більш сталий та ефективний розвиток міських територій.

### 1.3 Гравітаційні моделі: теорія та практика в міському розвитку

Гравітаційні моделі є математичними інструментами, які використовуються для опису і розуміння потоків між об'єктами у просторі, такими як люди, товари чи послуги. Ці моделі базуються на

принципі взаємодії між об'єктами, який аналогічний принципу гравітації в фізиці.

Гравітаційні моделі визначаються як математичні інструменти, що використовуються для аналізу та прогнозування просторових взаємодій між об'єктами. Ця концепція має важливе значення в науковій географії, надаючи чітке та оперативне розуміння відносного розташування порівняно з абсолютним. У гравітаційній моделі враховуються не лише абсолютні координати об'єктів, але і їхні взаємовідстані та привабливість.

Абсолютне положення об'єктів може бути визначене за координатами, але в контексті відносного розташування, яке враховується у гравітаційних моделях, об'єкти розглядаються в контексті їх взаємодії з навколишнім середовищем. Такий підхід дозволяє виміряти відносний масштаб чи розмір, враховуючи як відносні відстані, так і індикатори відносного привабливості. Адже в абсолютних значеннях «місце розташовано в 10 км від Києва» і «місце розташовано в 10 км від Канева» є рівноправними, адже суто просторово вони знаходяться в 10 кілометрах від населеного пункту, проте у відносному значенні місця один від одного відрізняються дуже сильно, адже вони кардинально різні з точки зору доступу до магазинів, роботи, культурного дозвілля і т.д.

Гравітаційна модель стала ключовою у соціальних науках, особливо в містобудівництві, транспортному аналізі, роздрібній торгівлі, інвестиціях у торгові центри, розробці земель та міському суспільстві. За роки її застосування продовжує розширюватися та вдосконалюватися. Важливість цієї концепції визначається як теоретичними, так і

практичними перспективами, що сприяють стійкому і зацікавленому інтересу вчених і практиків. [7]

Сучасні соціологічні дослідження націлені на визначення та узагальнення фундаментальних концепцій, які є основою соціальних відносин. Однією із характеристик людської поведінки, яка є предметом особливого інтересу для науковців, є здатність до мобільності та пересування на поверхні землі, що супроводжується обміном інформацією та товарами на відстані. Такі обмінні процеси отримали загальну назву «узагальнена взаємодія», а те, що відбувається на відстані, концептуалізується як «просторова взаємодія». У зусиллях описати цей загальний тип географічної поведінки, було створено термін «просторова взаємодія».

Найбільш розповсюдженими формами соціальної поведінки та просторової взаємодії є покупки, міграція, робочі поїздки, розподіл ресурсів, колекціонування, відпустки та спілкування. Ці події зазвичай відбуваються на певній відстані, що робить їх особливими формами соціальної поведінки та просторової взаємодії.

З метою узагальнення фундаментальних характеристик, які пояснюють географічну поведінку, а також передбачення подібної взаємодії, науковці спробували розвинути моделі, які можна розглядати як основу важливих соціальних теорій. Однією з таких моделей є гравітаційна модель.

Гравітаційна модель, яка виникла внаслідок аналогії з гравітаційною взаємодією між планетами, об'єднує два ключові аспекти:

вплив масштабу та вплив відстані. Вона пояснює, що міста з великою кількістю населення мають тенденцію генерувати та приваблювати більше активності, водночас враховуючи, що чим віддаленіше місця, тим менше імовірність їх взаємодії. Ці концепції успішно застосовуються для пояснення вартості землі, трафіку, міграції та інших соціальних явищ, а гравітаційна модель є необхідним інструментом для прийняття рішень в різних сферах, включаючи державний та приватний сектори.

Ключові поняття та елементи гравітаційних моделей включають:

- 1) Масштаб об'єкта (інтересу) - величина об'єкта, яка може бути виміряна, наприклад, кількість населення у місті, обсяг торгівлі в регіоні тощо;
- 2) Відстань між об'єктами - фізична або географічна відстань між об'єктами, яка може впливати на ступінь їх взаємодії;
- 3) Параметри впливу масштабу та відстані – коефіцієнти, які використовуються для визначення ступеня впливу масштабу та відстані на взаємодію між об'єктами;
- 4) Модель притягання та відштовхування - врахування можливості, що об'єкти можуть притягувати один одного (за певних умов) або, навпаки, відштовхувати;
- 5) Поправки для важливих факторів – врахування додаткових факторів, таких як економічні, соціокультурні чи інші, які можуть впливати на взаємодію між об'єктами;
- 6) Методи калібрування та валідації - процеси налаштування параметрів моделі та перевірка її ефективності за допомогою реальних даних.
- 7) Просторова аналітика – використання географічних інформаційних систем (ГІС) для візуалізації та аналізу результатів гравітаційних моделей на карті. [8]

### 1.3.1 Порівняння гравітаційних моделей з іншими моделями

#### 1) Гравітаційні моделі

Гравітаційні моделі є математичними формулюваннями, що дозволяють аналізувати та прогнозувати просторові потоки взаємодії між об'єктами у міському середовищі. Вони базуються на впливі масштабу об'єктів та відстані між ними.

Перевагами є ефективно моделюють велику кількість об'єктів у міському середовищі та враховують вплив масштабу та відстані.

Обмеження ж вимагають точних даних про відстані та масштаб об'єктів, а також можуть бути складними для використання у випадках зі складними міськими структурами.

#### 2) Моделі випадкового блукача:

Вони використовують ідею випадкового руху для вивчення розміщення та руху об'єктів у міському середовищі.

Найголовнішою перевагою є можливість враховування елементів випадковості та непередбачуваності у міському розвитку.

Проте можуть бути менше точними для прогнозування конкретних взаємодій, особливо при урахуванні складних факторів.

Випадкове блукання – це математичний термін, який використовується для опису руху об'єкта, який випадковим чином переміщується в просторі. У контексті моделювання випадкового

блукання ми розглядаємо об'єкт, наприклад, частинку, частину речовини чи агента, який здійснює випадкові кроки у випадковому напрямку.

Такий підхід може бути використаний для аналізу різних явищ, таких як рух частинок у газі, розповсюдження речовини у рідині, або навіть поведінка індивідуальних агентів у моделях випадкових блукачів в соціальних або екологічних дослідках. Такий підхід часто використовується для моделювання непередбачуваних та випадкових процесів.

### 3) Агентні моделі:

Вони відтворюють індивідуальних агентів з унікальними характеристиками та поведінкою для дослідження соціальних взаємодій.

Перевагою є можливість моделювати складні соціальні взаємодії та адаптуватися до змін у міському середовищі.

Проте вони вимагають великої кількості даних про індивідів та можуть бути ресурсоємними.

Агентне моделювання є підходом до моделювання, де система розглядається як сукупність індивідуальних «агентів», які взаємодіють між собою та з оточенням. Агенти мають власні правила поведінки, і їхні дії впливають на стан системи в цілому. Цей підхід застосовується у різних галузях, включаючи соціальні науки, економіку, біологію, інженерію та інші.

У випадку моделювання агентами в міському плануванні, це може означати створення індивідуальних агентів, які представляють мешканців

чи інші суб'єкти, які мають свої власні переваги, поведінкові правила та можливості взаємодії зі своєю довкіллям. Такі моделі можуть допомагати вивчати та прогнозувати вплив різних сценаріїв на розвиток міста та взаємодію між його складовими частинами.

#### 4) Моделі логістичного росту:

Вони використовуються для прогнозування росту населення та розвитку міських територій.

Перевагою є їх ефективність для аналізу темпів росту та динаміки населення у великих містах.

Проте вони можуть бути менше придатними для вивчення специфічних взаємодій об'єктів.

Моделі логістичного росту є математичними моделями, які використовуються для опису процесів росту популяцій чи систем, де зростання обмежене обсягом ресурсів чи інших факторів. Ці моделі дозволяють враховувати обмежену доступність ресурсів та досягнення популяцією стійкого стану.

Основні риси моделей логістичного росту включають:

1. На початок система зростає експоненційно, що відображає необмежений доступ до ресурсів.
2. З часом враховується обмежена доступність ресурсів, що призводить до зменшення темпів росту.
3. Модель прогнозує підходження популяції до стійкого стану, коли зростання припиняється і популяція стає стабільною.

4. Далі наступає капітет носія або межа ресурсів визначає точку, до якої може зростати популяція.

Математично логістичний ріст може бути описаний диференціальною рівнянням.

Ці моделі застосовуються в різних галузях, включаючи екологію, економіку та інші, де ріст чи розвиток системи залежить від обмежених ресурсів.

#### 5) Системні динамічні моделі:

Вони вивчають взаємодію частин системи з часом для аналізу динаміки міського розвитку.

Вони дозволяють аналізувати взаємодію різних компонентів міської системи з урахуванням часових аспектів.

Проте вони ж вимагають точних даних для кількох змінних та можуть бути складними для налаштування.

Системні динамічні моделі є інструментом моделювання, який дозволяє аналізувати та розуміти динаміку складних систем в часі. Цей підхід базується на представленні системи у вигляді взаємозалежних зв'язків між її складовими частинами, які можуть взаємодіяти та впливати одна на одну з плином часу.

Основні характеристики системних динамічних моделей:

- система представляється за допомогою змінних, що описують стан різних елементів системи;

- модель включає в себе зв'язки між змінними, відображаючи взаємодії між елементами системи;
- враховується залежність від часу, що дозволяє вивчати динаміку системи та її зміни протягом тривалого періоду;
- системи можуть мати зворотний зв'язок, коли зміни в одній частині впливають на інші частини;
- система може бути розглянута як сукупність підсистем, і кожна підсистема може мати свою динаміку.
- модель може враховувати події та реакції на ці події в системі. [9]

Ці моделі застосовуються для аналізу та прогнозу динаміки систем у різних областях, таких як управління, екологія, економіка та соціальні науки. Системні динамічні моделі надають можливість експериментувати зі складними взаємодіями в системі та розробляти стратегії для оптимізації її дії в майбутньому.

Кожен тип моделі має свої унікальні переваги та обмеження, що важливо враховувати при виборі для конкретного дослідження міського планування.

#### 1.4 Попередні дослідження у використанні ГІС та гравітаційних моделей у зонуванні міст

##### 1.4.1 Історична довідка

Актуальність використання геоінформаційних систем (ГІС) та гравітаційних моделей в зонуванні міст набула визначення у контексті стрімкого міського розвитку та постійних змін у структурі та функціях

міських територій. Попередні наукові дослідження в цій галузі дозволяють розкрити потенціал цих інструментів для оптимізації просторової організації міст та покращення життєвого середовища їхніх мешканців.

Однією з ключових тем, що досліджувались, є визначення оптимальних зон для розміщення міських інфраструктурних об'єктів, таких як торгові центри, медичні установи, освітні заклади тощо. ГІС виявляються невід'ємним інструментом для збору та обробки просторових даних, а гравітаційні моделі стають ефективним методом прогнозування взаємодії між різними частинами міста.

В цілому як така гравітаційна модель відома людству з середини 19 століття, коли у 1858 році Кері починає спроби розвивати соціальні науки за допомогою принципів фізичних наук.

Існує кілька варіантів назв для моделі, яка розглядає те ж саме явище. Серед них можна виділити такі: Закон Рейлі роздрібної гравітації (1929), Модель споживчої поведінки Хаффа (1959), Модель гіпотези взаємодії Додда (1950), Модель мінімальних зусиль Ципфа (1949), Модель інтервенційної можливості Стауффера (1940, 1960) і модель ентропії Вільсона (1967). Однак найбільш поширеною є назва «гравітаційна модель», яка відображає спробу використання принципів фізики Ньютона для розуміння соціальних явищ. Використання ньютонівської фізики в аналізі соціальних наук продовжує впливати на застосування та розуміння цієї моделі.

Процес розвитку гравітаційної моделі пройшов через кілька етапів, включаючи емпіричні застосування в різних галузях. Спочатку, модель використовувалася для аналізу міграції на основі досліджень Рейвенштейна у 1885 році та Янга у 1924 році. Подальший розвиток включав застосування моделі до торгівлі, що було досліджено у роботі Рейллі у 1929 році.

Важливим кроком було розширення застосування гравітаційної моделі на різні сфери, такі як навчальні записи студентів, як показав Стюарт у 1940 році. Однак в сучасному контексті модель отримала нові формулювання та розширення, особливо в галузі транспорту, яке було детально вивчено в роботі Вільсона у 1967 році. Це свідчить про постійний процес вдосконалення та розширення застосування гравітаційної моделі в різних наукових галузях.

Дослідження зосереджуються на використанні гравітаційних моделей для моделювання потоків людей, товарів та інформації між різними міськими об'єктами. Це включає аналіз впливу розташування міських центрів на навколишні райони та розробку оптимальних стратегій розвитку.

До того ж гравітаційна модель, яка спочатку призначена для транспортного аналізу, виявилася універсальною і корисною в різних галузях наукового дослідження. У сфері археології, дослідники, такі як Галлам, Уоррен та Ренфрю (1976), успішно використовували цю модель для визначення можливих маршрутів обміну у праісторичному Середземномор'ї. Навіть вивчення розташування і розподілу поселень

між народами, зайнятими полюванням і збором, стало доступним завдяки впровадженню гравітаційної моделі, яку використовував Йохін (1976).

Також ця модель знайшла своє використання в археологічних дослідженнях виявлення місць загублених міст, де вчені, зокрема Тоблер і Вайнберг (1971), використовували її методи для розробки припущень про місцезнаходження цих археологічних об'єктів.

Аналогічно, у сфері антропології вчені Касакофф і Адамс (1977) використовували гравітаційну модель для пояснення шаблонів шлюбів і кланових зв'язків серед тикопійців, використовуючи інформацію про розташування та антропологічні дані.

Ці високо ефективні застосування гравітаційної моделі в різних наукових областях підкреслюють її універсальність та потужний аналітичний потенціал в різноманітних дисциплінах від археології і антропології до планування та управління містом. Вона слугує не тільки інструментом для аналізу соціально-географічних явищ, але і сприяє поглибленню розуміння просторової організації різноманітних діяльностей на перетині наукових дисциплін. [7]

Гравітаційна модель, яка спочатку виникла в економічній теорії для пояснення економічних відносин, стала вельми актуальною у контексті міського планування та аналізу розвитку міст. Переваги гравітаційної моделі проявляються в її здатності адаптуватися до різноманітних сценаріїв та урахувати різноманітні аспекти взаємодії, що відбуваються в міському середовищі.

У сучасному міському плануванні гравітаційні моделі допомагають аналізувати різноманітні аспекти, такі як розташування торгових та бізнес-центрів, мобільність населення, транспортні маршрути та інфраструктура. Зокрема, ці моделі можуть служити інструментом для розуміння, які фактори визначають розміщення підприємств та послуг у місті, як вони взаємодіють між собою та як це впливає на розвиток міського простору.

Розширення застосування гравітаційних моделей у міському плануванні стає ще вагомішим завдяки їхній інтеграції у геоінформаційні системи (ГІС). Це дозволяє враховувати просторові аспекти та географічні особливості в аналізі взаємодій. ГІС, в поєднанні з гравітаційними моделями, забезпечують більш точні та комплексні результати, які враховують географічні умови міського середовища.

Застосування гравітаційних моделей у міському плануванні дозволяє не лише аналізувати сучасний стан міст, але й прогнозувати їхні тенденції розвитку. Це важливий аспект для ефективного управління та прийняття стратегічних рішень у контексті сталого міського розвитку.

Цікаве використання є у великому дослідженні китайських науковців під назвою «Моделювання поліцентричної урбанізації з використанням багатьох джерел великих геопросторових даних» де дослідження зроблені на прикладі Шеньяню, Уханю та Сіаню. [10]

Гравітаційна модель, як застосована в даній статті, допомагає розглядати процес поліцентричної урбанізації. У роботі зазначено, що цей підхід застосовується для аналізу взаємодії між головним міським

центром і його підцентрами, які можуть бути представлені високорівневими економічними діяльностями поза центральним районом.

Гравітаційна модель в даному контексті дозволяє врахувати різні фактори, такі як населення чи економічна активність, які впливають на притягання або відштовхування діяльностей між різними частинами міста. Враховуючи розміри центрів і відстані між ними, модель визначає, наскільки інтенсивно вони будуть взаємодіяти.

Це стає важливим у контексті розвитку міст, оскільки дозволяє прогнозувати, які частини міста можуть стати більш активними, враховуючи їхню взаємодію та позицію в ієрархії урбанізації. Використання гравітаційної моделі у таких аспектах, як міське планування, дозволяє краще розуміти динаміку розвитку міста, зокрема поліцентричного характеру, де різні центри взаємодіють та взаємовпливають один на одного.

Однією з ключових висновків попередніх досліджень є те, що використання ГІС та гравітаційних моделей у зонуванні міст дозволяє ефективно враховувати просторові взаємодії, що є критичним для сталого та ефективного міського розвитку. Ці інструменти допомагають уникнути неврівноваженостей у розподілі ресурсів, покращуючи при цьому якість життя мешканців та створюючи більш ефективне міське середовище.

#### 1.4.2 Міждисциплінарні аспекти міського розвитку

Міждисциплінарні аспекти міського розвитку представляють собою важливий підхід до вивчення та розуміння складності міського простору. Глибокий аналіз взаємозв'язків між географією, економікою, соціологією та іншими науковими галузями спрямований на створення повного образу міста та визначення факторів, що впливають на його розвиток.

У містах, де густонаселена суспільна інфраструктура тісно переплетена з економічними процесами, географічний аспект грає важливу роль. Розташування міста в регіоні, його природні умови та геополітичний контекст визначають його екологічну стійкість та доступність для розвитку.

Економічні аспекти міського простору охоплюють широкий спектр питань, включаючи ринкову активність, рівень зайнятості та інвестиційний потенціал. Розуміння цих факторів дозволяє прогнозувати економічний розвиток міста та раціонально планувати його інфраструктурні потреби.

Соціологічний аспект міського розвитку фокусується на вивченні соціальних структур та взаємодії громадян. Аналіз соціальних динамік, таких як формування спільнот, соціальна мобільність та культурна ідентичність, надає інсайти для покращення якості життя в міських областях.

Міждисциплінарний підхід також розширюється на взаємодію з іншими галузями, такими як технології, архітектура, екологія та політичні

науки. Використання технологій та інновацій, архітектурного планування та розумного використання екологічних ресурсів є ключовими елементами створення сталого міського середовища.

Взагалі, міждисциплінарні аспекти міського розвитку забезпечують комплексний погляд на місто як соціально-економічний організм. Цей підхід допомагає розкрити внутрішні взаємозв'язки та реалізувати стратегії, спрямовані на створення ефективних та стало розвиваючихся міських середовищ.

Дослідженням міждисциплінарних аспектів міського розвитку можуть проводитись вченими з різних наукових областей, такими як:

- *Спеціалісти в галузі географії* займаються вивченням просторових аспектів міського розвитку, географією розташування міст, впливом географічних умов на їхній розвиток;
- *Економісти* досліджують економічні процеси у містах, їхню ринкову активність, рівень зайнятості, інвестиції та вплив економічних факторів на розвиток міських територій;
- *Соціологи* аналізують соціальні аспекти міського життя, досліджують соціальні взаємодії, формування громадських спільнот та соціокультурний контекст;
- *Фахівці у галузі архітектури та урбаністики* досліджують дизайн міського простору, планування міських інфраструктурних систем, а також вплив архітектури на якість життя;
- Залучення *фахівців із сфери ІТ та технологій* дозволяє вивчати використання сучасних технологій у міському середовищі, включаючи розробку «розумних міст» та геоінформаційних систем;

- *Екологи* досліджують вплив міського розвитку на природне середовище та розробляють стратегії сталого розвитку для міст. [8]

Ці різні групи дослідників можуть співпрацювати для створення повного та багатогранного розуміння міського розвитку, враховуючи різні наукові підходи та методології.

### 1.5 Вплив технологій на розвиток міських територій

Вплив технологій на розвиток міських територій стає ключовим фактором у формуванні сучасних міських ландшафтів. Аналіз взаємодії міст із сучасними технологіями, особливо у контексті цифровізації та концепції «розумних міст», є важливим для розуміння та прогнозування соціальних та економічних аспектів міського життя.

#### 2. Цифровізація та Розумні Міста:

- Цифровізація та концепція «розумних міст» перетворюють міські простори, впроваджуючи інноваційні технології з метою покращення якості життя та оптимізації управління міськими ресурсами. Аналіз цих процесів враховує широкий спектр соціальних, економічних та технічних вимірів.

- Введення технологій в транспортні системи міст сприяє покращенню мобільності. Системи моніторингу, електронні платформи для громадського транспорту та розумні паркувальні допомагають регулювати транспортний потік та зменшити затори.

- Розумні міста використовують технології для оптимізації споживання енергії. Системи автоматизованого управління освітленням, енергоефективні будівлі та використання

відновлювальних джерел енергії спрямовані на створення стійких та енергоефективних міських екосистем.

- Використання сучасних технологій для збору та обробки даних допомагає містам зрозуміти вимоги громадян, відслідковувати тенденції та приймати зважені рішення. Це може бути використано для вирішення питань громадської безпеки, покращення соціальних послуг та інфраструктури.

- Мобільні додатки та онлайн-платформи дозволяють мешканцям взаємодіяти з муніципалітетом, обмінюватися інформацією та надавати зворотний зв'язок. Це створює прозорий та відкритий механізм комунікації між владою та громадянами.

- Впровадження сенсорів та систем моніторингу допомагає ефективно використовувати водні ресурси та вдосконалювати управління відходами, сприяючи екологічній сталості міста.

- Запровадження інноваційних технологій у сферу бізнесу та освіти сприяє росту цифрової економіки. Створення технологічних хабів та інкубаторів допомагає привертати стартапи та талановитих фахівців.

Цифрові технології та концепція «розумних міст» не лише оптимізують функціонування міст, але й роблять їх більш життєздатними, комфортними та стійкими до викликів сучасності. Аналіз цих технологій є ключем до створення майбутніх міських середовищ, які відповідають вимогам сучасного суспільства.

### 3. Соціальні аспекти в умовах цифровізації та розумних міст

Розвиток цифровізації та концепції «розумних міст» привносить значні зміни у соціальні аспекти міського життя, впливаючи на взаємодію

громадян, надання соціальних послуг та формування сучасних громадських просторів.

- Мобільні додатки та онлайн-платформи надають громадянам можливість активно брати участь у прийнятті рішень щодо розвитку міста. Вони можуть висловлювати свої погляди, ділитися ідеями та взаємодіяти з муніципалітетом, що сприяє більш активній громадській участі.

- Впровадження технологій дозволяє покращити доступність та якість соціальних послуг. Електронні системи запису на прийом до лікаря, онлайн-освіта та інші цифрові ініціативи роблять соціальні послуги більш доступними та ефективними.

- Технології сприяють формуванню віртуальних спільнот та платформ для обміну інформацією. Громадяни можуть спілкуватися, об'єднуватися навколо спільних інтересів та робити своє місто більш сполученим.

- Використання цифрових технологій у навчальному процесі робить освіту більш інтерактивною та доступною. Електронні платформи для навчання, онлайн-курси та дистанційні програми сприяють розвитку знань та навичок громадян.

- З введенням цифрових технологій виникає питання електронної безпеки та захисту приватності громадян. Важливо розробляти ефективні стратегії для забезпечення конфіденційності особистої інформації та захисту від кіберзагроз.

- Забезпечення рівного доступу до технологій та цифрових можливостей для всіх верств населення є ключовим викликом. Нерівність в цьому плані може призвести до цифрового виключення та поділу суспільства.

Розуміння соціальних вимірів цифровізації та розумних міст є важливим для того, щоб забезпечити, що ці інновації призводять до покращення якості життя та взаємодії між громадянами, а не до збільшення соціальних розривів.

#### 4. Виклики та перспективи цифровізації та розумних міст

Цифровізація та концепція «розумних міст» мають безсумнівно великий потенціал для перетворення міського середовища, але разом із тим ставлять перед сучасними суспільствами нові виклики, які вимагають уважного вирішення та стратегічного планування. [11]

##### *Виклики:*

- Кібербезпека та Приватність: Зростання обсягів збирання та обробки особистих даних у міському середовищі створює великий ризик для кібербезпеки та приватності. Важливо розробляти ефективні механізми захисту та встановлювати чіткі правила обробки особистої інформації.

- Цифровий Розрив: Нерівність в доступі до цифрових технологій може ускладнити впровадження концепції «розумного міста» та призвести до формування цифрового розриву між різними групами населення. Вирішення цього виклику передбачає широкий доступ до технологій та цифрової грамотності для всіх верств суспільства.

- Екологічні Питання: Збільшення використання технологій може призвести до екологічних проблем, таких як викиди та виробництво електронних відходів. Системи повинні бути розроблені з урахуванням принципів сталого розвитку та мінімізації екологічного впливу.

- Соціальні Виклики: Впровадження технологій може породжувати нові соціальні виклики, такі як втрата робочих місць

через автоматизацію, збільшення соціальної ізоляції через велику залежність від онлайн-комунікацій та інші аспекти, які потребують уважної уваги.

*Перспективи:*

- **Розвиток Інновацій та Технологічних Центрів:** Розумні міста стають ідеальними майданчиками для розвитку інновацій та технологічних центрів, які привертають талановитих фахівців та стартапи.

- **Покращення якості життя:** Реалізація розумних технологій веде до покращення якості життя мешканців: збільшення доступності соціальних послуг, покращення умов проживання та забезпечення безпеки.

- **Сталість та Ефективність Ресурсів:** Збалансоване використання технологій дозволяє зберігати ресурси та покращувати ефективність управління енергією, водою та іншими ресурсами.

- **Розумний Транспорт:** Впровадження розумних рішень у транспортній сфері сприяє зменшенню транспортних заторів, зниженню викидів та покращенню мобільності.

- **Сприяння Інклюзивності:** Застосування технологій повинно бути спрямоване на створення інклюзивних середовищ, які враховують потреби всіх груп населення.

Збалансоване вирішення цих викликів та впровадження найкращих практик в галузі цифровізації та «розумних міст» визначатиме успіх сучасних міських середовищ і впливатиме на якість життя громадян у найближчому майбутньому.

## 2. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ

### 2.1 Вибір об'єкта дослідження та його характеристика

В умовах сучасної глобалізації та постійного розвитку технологій використання великих обсягів даних (Big Data) стає ключовим фактором для аналізу складних соціальних та економічних явищ. Однією з актуальних галузей застосування цих технологій є вивчення міграційних процесів, які визначають динаміку населення та розподіл його між різними територіями.

Сучасні методи зонування міст є ключовим елементом у вирішенні питань сталості та ефективності міського розвитку. Одним з найбільш перспективних підходів є використання гравітаційних моделей, які базуються на принципі взаємодії між точками та їх тяжінням населення.

Гравітаційні моделі враховують відстань та масштаб населення для передбачення руху та концентрації людей. Цей підхід особливо корисний для визначення потоків міграції, торгових активностей та інших форм взаємодії між різними частинами міста.

Мультикритеріальний аналіз дозволяє враховувати різні критерії, такі як економічні показники, екологічна стійкість та соціокультурні особливості. Цей підхід допомагає визначити різноманітні фактори, які впливають на розвиток різних зон у місті.

Кластерний аналіз, у свою чергу, групує подібні території разом, що спрощує визначення функціональних зон та їх взаємодії.

В контексті геоінформаційних систем (ГІС), ці методи стають надзвичайно ефективними, оскільки вони дозволяють інтегрувати та аналізувати великі обсяги геопросторових даних. ГІС забезпечують інструменти для точного картографування, визначення та візуалізації результатів, що є важливим для оптимального планування розвитку міських територій.

Тому використання гравітаційних моделей та інших методів зонування у поєднанні з геоінформаційними системами стає важливим інструментом для забезпечення сталості та ефективності міського розвитку.

У цьому контексті оптимальним є використання гравітаційної моделі, яка, по суті, адаптує закони фізики до соціальних наук. Гравітаційна модель, спочатку розроблена для пояснення взаємодії тіл у фізичному просторі, тепер широко використовується в географії та соціології для аналізу міграцій, торгівлі, а також інших соціальних та економічних взаємодій.

Наступним етапом розвитку цієї методології є інтеграція великих даних, що дозволяє аналізувати величезні обсяги інформації в реальному часі. В обраному випадку, для розуміння міграційних тенденцій використовується реєстр виборців України як основне джерело даних. Дані з цього реєстру надають можливість розглядати рух населення та його причини на рівні конкретних територій.

У даному контексті пропонується застосовувати гравітаційну модель, доповнену великими даними, для створення зон впливу та

прогнозування напрямків міграційних потоків. Такий підхід дозволяє не лише аналізувати поточний стан, але й передбачати майбутні зміни в міграційних процесах, забезпечуючи науково обгрунтовані підходи до планування розвитку міст та регіонів.

Гравітаційна модель в контексті аналізу реєстру виборців України видається найбільш оптимальним рішенням для визначення зон впливу та тенденцій міграцій. Це пояснюється тим, що дана модель дозволяє враховувати не лише просте географічне розташування адрес виборців, але й інтегрує кількість населення, що реалістично відображає соціальні та економічні взаємодії.

Використання великих даних у цьому контексті дозволяє обробляти величезний обсяг інформації з реєстру виборців, що включає в себе велику кількість адрес, демографічних даних та інших ключових параметрів. Це створює можливість для глибшого аналізу та виявлення прихованих зв'язків та патернів у міграційних процесах.

Така модель може бути представлена математичною формулою гравітаційної моделі, де вагові коефіцієнти враховують інтенсивність взаємодії між різними регіонами на основі відстані та кількості населення. Більш детальне врахування різних факторів може бути виражене додатковими членами у формулі, що представить складний спектр соціальних, економічних та інших аспектів міграційного процесу.

Такий підхід до використання гравітаційної моделі дозволяє отримати глибокий інсайт у динаміку міграції населення, зокрема, визначити основні центри притягання, міграційні потоки та зони впливу

в реальному часі, що має важливе значення для розробки ефективних стратегій міського розвитку та соціального планування. [12]

Обираючи реєстр виборців для побудови моделі, існує кілька основних переваг, а саме:

1) Географічна розгортка даних - реєстр виборців має широке географічне охоплення, оскільки виборці зареєстровані у всіх населених пунктах та регіонах країни. Це дозволяє отримати високодеталізовану інформацію про рух населення в різних частинах країни.

2) Доступність даних - реєстри виборців є доступними для великої громадськості та дослідників. Їх можна використовувати для проведення досліджень без значних обмежень або витрат на збір даних.

3) Деталізація населених пунктів - реєстри виборців часто містять інформацію про реальний адресний розподіл населення, що сприяє точнішому аналізу руху населення в конкретних географічних областях.

4) Динаміка змін - здатність відстежувати зміни у реєстрі виборців, яка з часом дозволяє моделі бути адаптованою до динаміки змін в міграційних та географічних патернах населення.

5) Представлення різноманітності населення - реєстр виборців охоплює всі верстви населення, його використання дозволяє враховувати різноманіття економічного та соціокультурного статусу в міграційних аналізах.

6) Достовірність даних – оскільки дані беруться із державного реєстру, то їх достовірність не викликає сумнівів.

Загалом, використання реєстру виборців для побудови моделі міграції дозволяє отримати детальний, репрезентативний та широко охоплюючий образ руху населення в Україні.

Орієнтовна найпростіша модель може виглядати так:

$$T_{ij} = \frac{K \times P_i^\alpha \times P_j^\beta}{D_{ij}^\gamma}$$

Де:

$T_{ij}$  – потік між пунктами  $i$  та  $j$ ;

$K$  – константа масштабування ;

$P_i$  та  $P_j$  - населення пунктів  $i$  та  $j$ ;

$D_{ij}^\gamma$  – відстань між пунктами  $i$  та  $j$ .

### 2.1.1 Розробка та налаштування гравітаційної моделі для міського середовища

У роботі використовуються дані з реєстру виборців. Ці дані було завантажено у програмне середовище QGis Desktop 3.28.13. Таблиці містять інформацію про виборці дільниці по всій Україні. Використана система координат – WGS-84 (3857).

Дані було збережено у файловій базі даних формату geoPackage під назвою `siz.gpkg`. Таблиця з даними про дільниці має назву `ps`, а таблиця виборців – `voters`.

Із усіх полів першої таблиці нас у першу чергу цікавлять поля з ідентифікаційним номером дільниці та її поле геометрії. У другій – ідентифікаційний номер дільниць і кількість виборців на цих дільницях.

Зв'язано ці дві таблиці було за допомогою унікального ідентифікатора, а саме поля з ідентифікаційним номером ділянки.

Поєднання цих таблиць виконувалась за допомогою мови структурованих запитів SQL.

Для цього було відкрито меню управління базами даних і обрано базу даних `siz.gpkd`. Далі було відкрито вікно SQL і у ньому було прописано такий запит:

```
select ps_num_1, ps_vot, from voters
```

```
left join ps
```

```
on voters.ps_num_1=ps.ps_num,
```

де:

`select` – оператор за допомогою якого ми обираємо до яких полів було зроблено запит (поля `ps_num_1` – ідентифікатор виборчих ділянок у таблиці `voters` ; `ps_vot` – кількість виборців на ділянці (дорослого населення старше 18 років) у таблиці `voters`);

`from` – оператор, показує з якої таблиці обирати поля;

`left join` – оператор який доєднує до існуючої таблиці ще одну з лівого боку;

`on` – оператор який вказує поле на те, через яке відбувається доєднання таблиці `ps` до таблиці `voters`, до якого через пробіл спочатку вказуємо назву таблиці першого поля, ставимо крапку і пишемо назву поля яке поєднуємо ставимо знак `=` і вказуємо назву таблиці що доєднали, ставимо крапку і пишемо назву поля яке доєднуємо.

Після доєднання таблиці `ps` дописуємо до оператора `select` поле `ps_num`, для того, щоб перевірити коректність під'єднання таблиці `voters`.

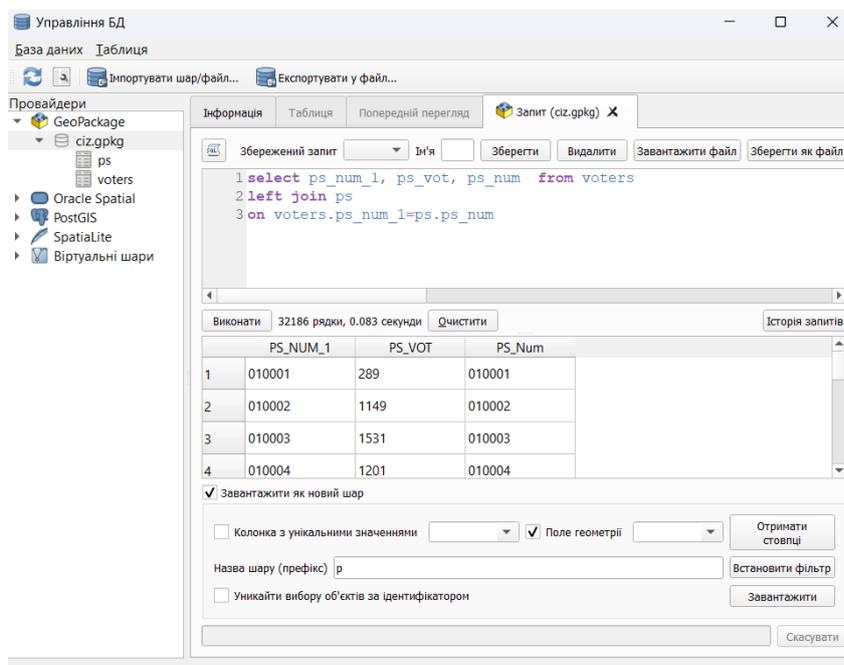


Рис. 2.2.1 Вигляд запиту SQL під час перевірки

Оскільки у подальшому нам потрібно, щоб у таблиці також було геометрії, то до оператора select дописуємо ще одне поле, воно буде з таблиці ps, а тому остаточний запит має вигляд:

```

select ps_num_1, ps_vot, GeomFromGeoJson(ps_geodata) as geom
from voters

left join ps

on voters.ps_num_1=ps.ps_num

```

as – оператор, який дозволяє назвати поле, яке під'єднується за бажанням виконавця. У даному випадку нове ім'я присвоюється для зручності, адже команда GeomFromGeoJson яка використовується для перетворення геоданих у формат який підтримує QGIS називає поле уже довгим незручним у подальшому використанні ім'ям.

Також видаляємо поле ps\_num яким перевірялась коректність під'єднання.

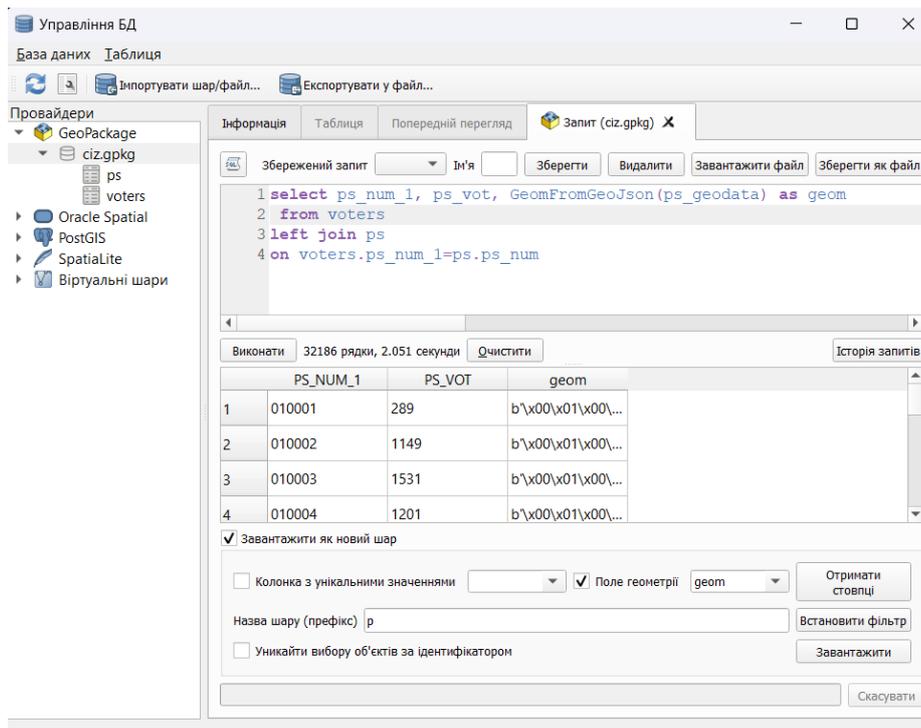


Рис. 2.2.2 Остаточний вигляд запиту SQL перед створенням нової таблиці р

Після виконання створюємо нову таблицю під назвою р, яку завантажуюмо у базу геоданих ciz.gpkg

Так як для подальшої побудови гравітаційної моделі потрібні були точкові шари, за допомогою інструмента побудова центроїдів було створено точковий шар, який буде використовуватись для побудови матриці відстаней «по поверхні». Таким чином було отримано точковий шар із полігонального. Проте з цього файлу одразу будувати матрицю відстаней не вийде, тому що полігонів трохи більше 32 тисяч і QGIS не може обробити такий величезний масив інформації.

Проте було придумано спосіб як все ж таки створити цю матрицю відстаней. Для цього було зменшено кількість полігонів шляхом об'єднання найменших полігонів до сусідніх.

Оскільки кількість полів була зменшена у 4 рази, то з'єднання полігонів виконувалась у декілька етапів для того, щоб маленькі полігони більш-менш коректно розподілялись до сусідніх більших. Проте полігони при об'єднанні не сумують кількість виборців, що є недопустимим для подальшої побудови гравітаційної моделі.

Ця проблема була вирішена за допомогою інструмента «підрахунок точок в полігоні» і обов'язково надавалась вага полю з кількістю жителів на ділянці PS\_VOT, для того, щоб у полігоні просумувалась кількість виборців у новому полігоні, який складається із декількох діляниць.

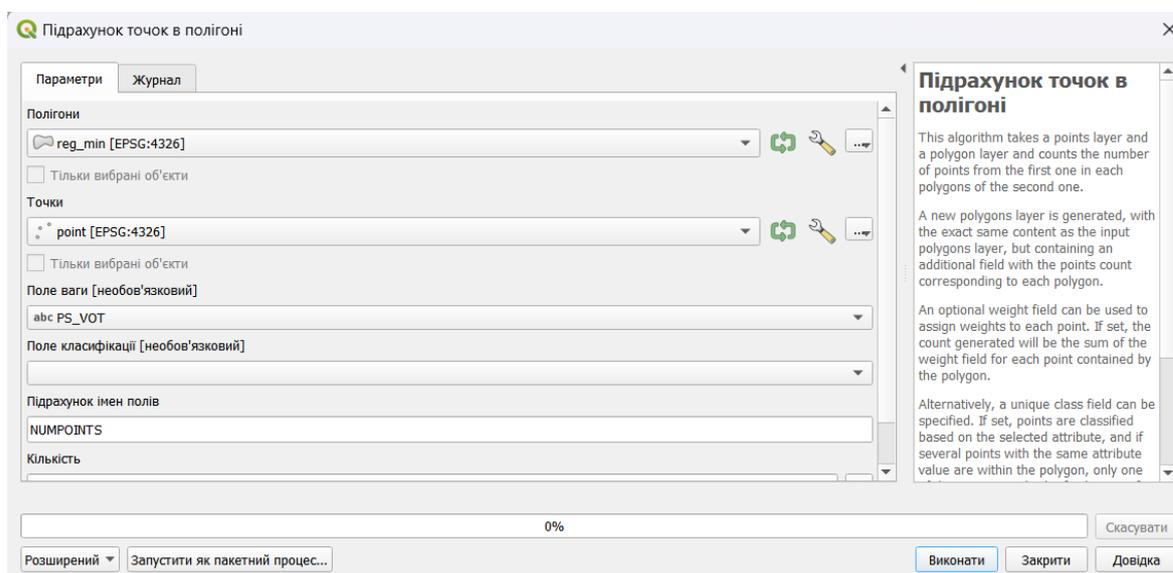
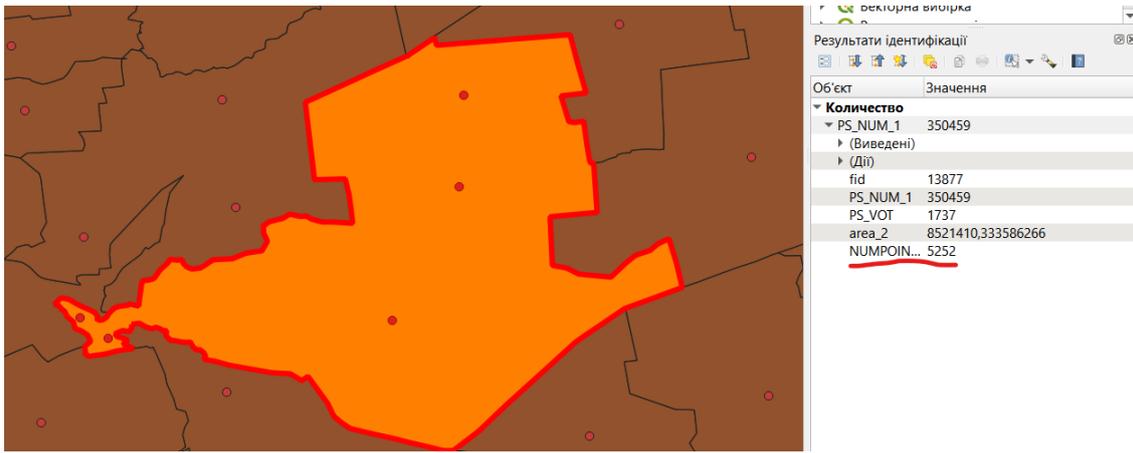


Рис. 2.2.3 Підрахунок кількості жителів на полігон

Для перевірки коректності сумування кількості жителів було обрано випадковий полігон, який містить у собі 5 точок з кількістю жителів, тобто на місці цього полігона раніше було 5 маленьких полігонів з інформацією про населення у кожному Рис. 2.2.4.

Рис.2.2.4 кількість жителів у збільшеному полігоні



На рисунку можна побачити, що у цьому полігоні сумарно знаходиться 5252 жителів.

Для того, щоб перевірити коректну роботу вручну було перевірено скільки жителів зареєстровано у кожній точці. У першій – 11 осіб, у другій – 240, третій – 1737, четвертій – 1498 та у п'ятій – 1655 (Рис. 2.2.5). Всього виходить 5252. З цього можна зробити висновок, що просумована кількість жителів вірна.

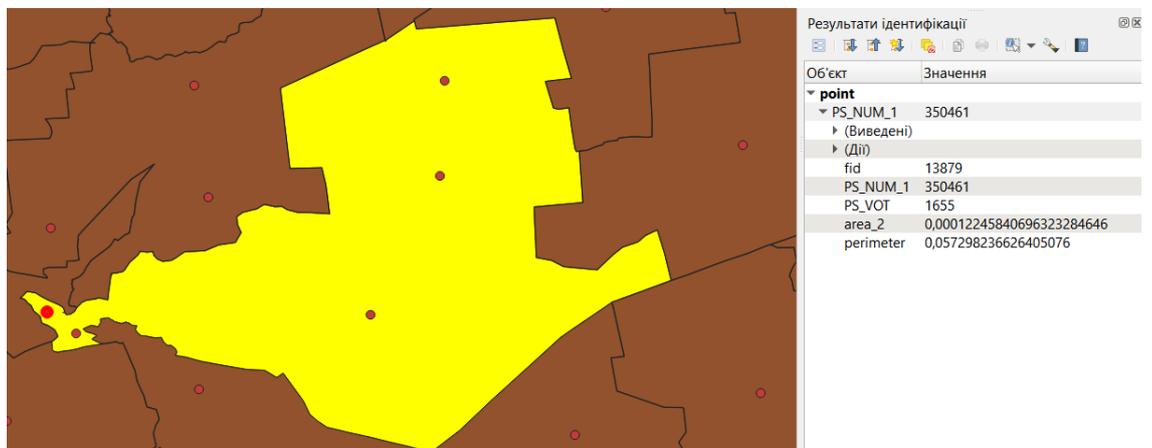


Рис. 2.2.5 кількість жителів у 5 точці

Оскільки під час неодноразових спроб до цього створити матрицю відстаней операційна система примусово завершувала програму через те, що програма не могла обробити увесь масив даних, було вирішено окремо зберегти ще шейп-файл під назвою point2 із центроїдами, у яких вже врахована правильна кількість жителів у нових полігонах.

Створення матриці відстаней відбувалось на основі шара point2 і вдалось створити і зберегти із третьої спроби, під час якої комп'ютер був повністю розвантажений і виконував лише одну функцію. Слід зазначити, що створення тимчасового шару від моменту запуску функції було близько 75 хвилин, зберігання у GeoPackage зайняло ще близько 30 хвилин.

Подальшу роботу з обробки отриманих результатів було прийнято продовжити виконувати у Excel, оскільки QGIS не справляється з такою кількістю об'єктів у таблиці. Їх створилось 1048575. Тому ще близько години зайняло зберігання таблиці у форматі .xlsx, а також відкриття таблиці вже у самій програмі.

Оскільки QGIS не дає обробити дані, було прийнято рішення укрупнити полігони до кордонів адміністративних районів України. (Рис.2.2.6)



Рис.2.2.6 Карта полігонів районів України

Далі було виконано всі ті самф дії, а саме – підрахунок кількості жителів за районам, створення центроїдів на основі полігонів з

інформацією про кількість жителів і безпосередньо сама матриця відстаней.

Далі за допомогою SQL доєднуємо до таблиці матриці відстаней інформацію про кількість жителів використовуючи такі запити:

```
select InputID, TargetID, Distance, point1.all_vot  
from matrix  
left join point1  
on matrix.InputID=point1.fid
```

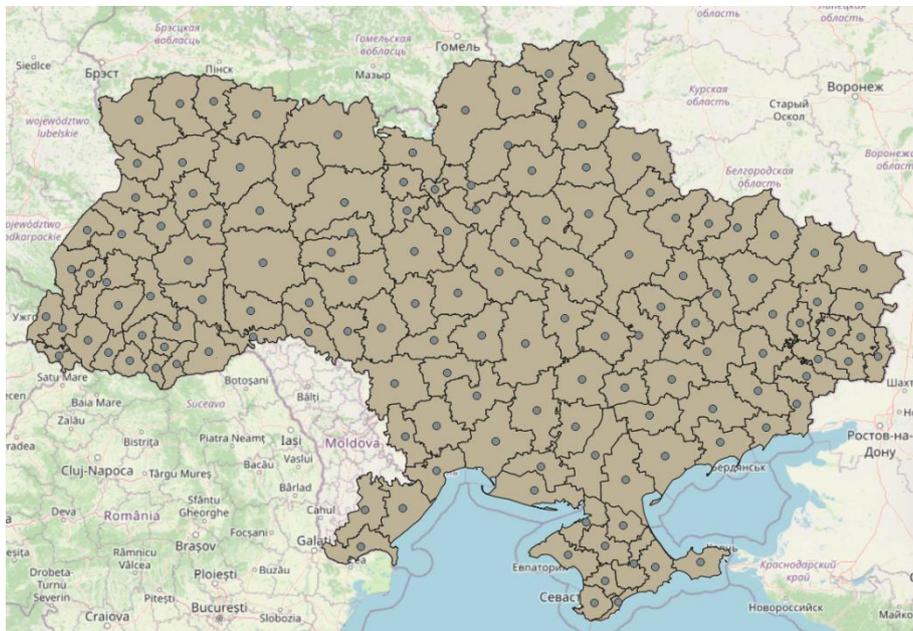


Рис.2.2.7 Полігони районів із центроїдами і кількістю жителів

Після цього отриманий результат було збережено у форматі .xlsx. у Excel провели крайні числові перетворення, а саме розраховали квадрат дистанції, а потім і сам гравітаційний показник - кількість жителів поділена на квадрат відстані між полігонами. також в Excel за допомогою зведених таблиць було пораховано рядки поля InputID за сумою значень гравітаційного показника. (рис.2.2.8)

	A	B	C	D	E	F	G
1	fid	InputID	TargetID	Distance	all_vot	d*d	grav
2	1	1	69	431860,4745	142667	1,86503E+11	7,64956E-07
3	2	1	74	418125,6996	142667	1,74829E+11	8,16037E-07
4	3	1	75	128602,1917	142667	16538523710	8,62634E-06
5	4	1	72	595464,3666	142667	3,54578E+11	4,02357E-07
6	5	1	73	484465,6721	142667	2,34707E+11	6,07852E-07
7	6	1	78	314069,8189	142667	98639851124	1,44634E-06
8	7	1	79	525392,5424	142667	2,76037E+11	5,1684E-07
9	8	1	76	435159,3331	142667	1,89364E+11	7,53402E-07
10	9	1	77	513000,1711	142667	2,63169E+11	5,42111E-07
11	10	1	114	485784,197	142667	2,35986E+11	6,04556E-07
12	11	1	115	236609,4991	142667	55984055061	2,54835E-06
13	12	1	112	565165,2255	142667	3,19412E+11	4,46655E-07
14	13	1	113	211934,3096	142667	44916151565	3,1763E-06
15	14	1	118	367148,6259	142667	1,34798E+11	1,05838E-06
16	15	1	119	443911,9053	142667	1,97058E+11	7,23986E-07
17	16	1	116	542239,461	142667	2,94024E+11	4,85223E-07
18	17	1	117	300711,7242	142667	90427541074	1,57769E-06
19	18	1	122	433807,0989	142667	1,88189E+11	7,58106E-07
20	19	1	123	173989,2134	142667	30272246365	4,7128E-06
21	20	1	120	170523,0941	142667	29078125610	4,90633E-06
22	21	1	121	341560,8367	142667	1,16664E+11	1,22289E-06
23	22	1	126	399884,7553	142667	1,59908E+11	8,92183E-07
24	23	1	127	291013,859	142667	84689066154	1,6846E-06
25	24	1	124	150458,8127	142667	22637854312	6,30214E-06
26	25	1	125	510200,3016	142667	2,60304E+11	5,48078E-07
27	26	1	98	403454,3174	142667	1,62775E+11	8,76465E-07
28	27	1	99	621705,3418	142667	3,86518E+11	3,69109E-07
29	28	1	96	77424,14428	142667	5994498117	2,37997E-05
30	29	1	97	259419,0293	142667	67298232747	2,11992E-06
31	30	1	102	324542,6402	142667	1,05328E+11	1,3545E-06

Рис.2.2.8 розрахунки у таблиці Excel до зведення

Останнім кроком було доєднано вже файл зведеної таблиці до шару з районним поділом України. Приєднання було зроблено через поля InputID – fid (Рис.2.2.9)

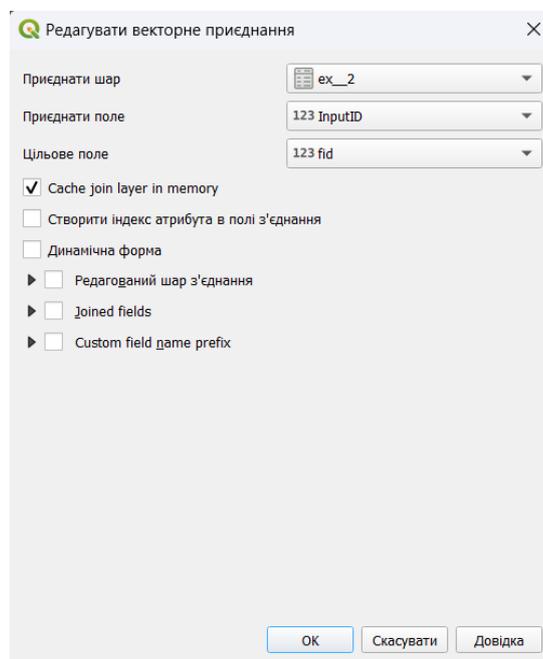


Рис.2.2.9 Вікно приєднання

Після цього можна вже категоризувати отримані дані для візуального відображення. Було вирішено робити 5 категорій, тому що

градація карт за допомогою п'яти категорій є оптимальною з психологічного та візуального погляду. Ця кількість дозволяє зберегти зрозумілість, легше сприймати та порівнювати дані на карті, а також враховувати варіативність у наборі даних. П'ять категорій забезпечують ефективне сприйняття і можливість використання для порівняння об'єктів чи явищ. (Рис.2.2.10)

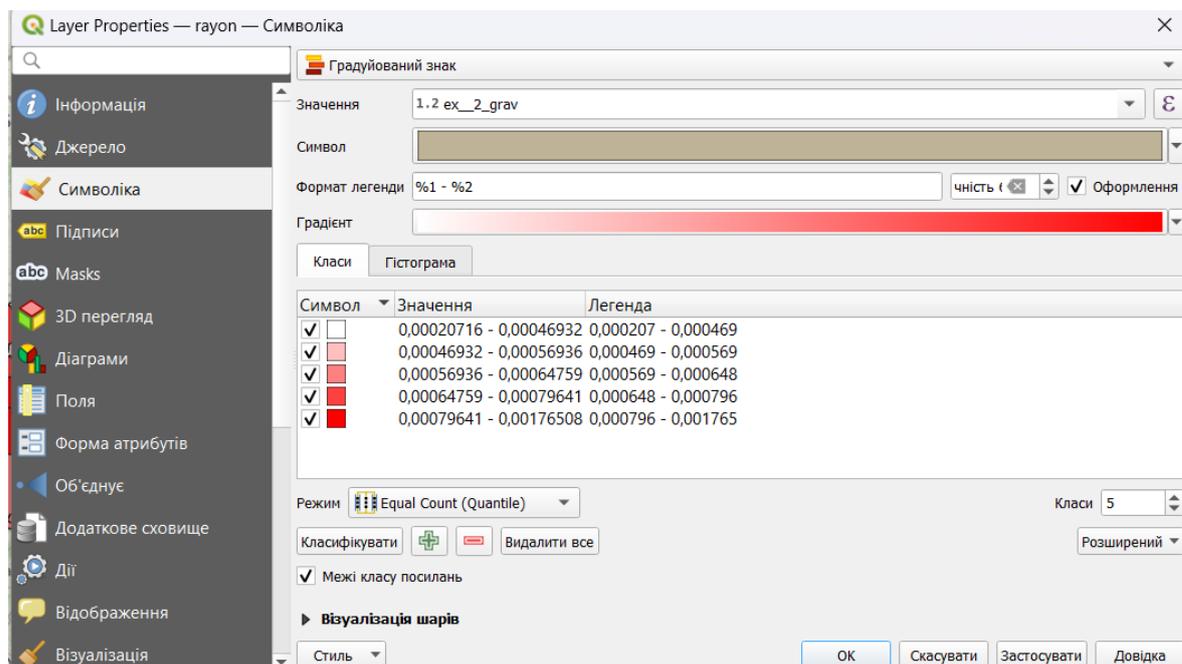


Рис.2.2.10 Підготовка шару для візуального відображення

Фінальне оформлення відбувалось у меню макет (підготовка макета карти для зберігання, у т.ч. додавання легенди).

Цей підхід до аналізу даних і визначення гравітаційного показника обґрунтований фізичною ідеєю, що інтенсивність взаємодії між двома об'єктами залежить від їхньої відстані і маси або, у даному випадку, кількості жителів. Розрахунок квадрату відстані пов'язаний з тим, що сила взаємодії між об'єктами зменшується квадратично зі збільшенням відстані за законом оберненого квадрату. Таким чином, розрахунок

квадрату відстані дозволяє врахувати цей ефект і підкреслити важливість близькості для інтенсивності взаємодії.

Гравітаційний показник, обчислений як кількість жителів, поділена на квадрат відстані між полігонами, враховує не лише кількість жителів, але і їхню відстань один від одного. Цей метод відображає концепцію, згідно з якою об'єкти (у цьому випадку - райони або полігони) конкурують за взаємодію, пропорційної кількості населення і зворотно пропорційної відстані між ними. [12]

Такий підхід може бути застосований для аналізу різноманітних сценаріїв, таких як міграція або розподіл ресурсів, де важливо врахувати як кількість, так і відстань між об'єктами.

### 3. ГРАВІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ: ОБҐРУНТУВАННЯ ВАЛІДНОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

#### 3.1 Обґрунтування валідності отриманих результатів гравітаційної моделі

Отримані результати, де вищі показники гравітаційного показника в економічно розвинених регіонах, можуть бути валідними через такі основні економічні та соціальні фактори:

##### 1. Робочі та освітні можливості

*Науковий потенціал:* Економічно розвинені регіони часто володіють великим науковим потенціалом через наявність високорозвинених університетів, дослідницьких інститутів і технологічних підприємств. Це надає можливості для отримання якісної вищої освіти та участі в наукових дослідженнях.

*Стартап-екосистема:* В економічно розвинених регіонах активно розвиваються стартап-екосистеми, що стимулює підприємництво та інноваційну діяльність. Тут індивіди не лише можуть знаходити робочі місця, але й втілювати свої власні ідеї у життя, отримуючи підтримку від існуючих бізнес-інкубаторів і активної підприємницької спільноти.

*Мережа бізнес-контактів:* Економічно розвинені регіони надають можливість будувати широку мережу бізнес-контактів через участь у великих івентах, конференціях і мережевих заходах. Це може значно полегшити процес пошуку роботи, партнерів чи інвесторів.

*Культурний та соціальний розвиток:* Економічно розвинені регіони також пропонують розмаїття культурних та соціальних подій, що збагачують життя мешканців. Це може бути привабливим для творчих та культурних спеціалістів, які прагнуть розвивати свої таланти та співпрацювати з різноманітними галузями.

Такий комплекс аспектів вказує на те, що економічно розвинені регіони не лише надають можливостей для професійного зростання, а й стимулюють творчий та підприємницький потенціал особистості, що сприяє високим значенням гравітаційного показника в цих областях.

## 2. Галузевий розвиток

*Галузева концентрація:* Економічно розвинені регіони часто визначаються високою спеціалізацією у конкретних галузях. Наприклад, ІТ-хаби, фінансові центри або дослідницькі парки можуть бути ключовими аспектами економічного ландшафту. Ця спеціалізація створює великий попит на кваліфіковану робочу силу в цих конкретних галузях і приваблює фахівців з інших регіонів.

*Інноваційні технології:* Регіони, які спеціалізуються в інноваційних технологіях, зазвичай володіють великим потенціалом для залучення фахівців, які прагнуть працювати в передових галузях. Такий фокус може бути ключовим фактором для повертання та утримання висококваліфікованої робочої сили.

*Ефект кластеризації:* Кластеризація певних галузей у певних регіонах може забезпечити синергію та взаємодію між різними компаніями та фахівцями, сприяючи подальшому розвитку галузі. Цей ефект може стимулювати конкуренцію і творчий обмін ідеями.

*Економічна стійкість:* Галузевий розвиток також може вказувати на економічну стійкість регіону. Спеціалізація в галузях, які

показують стійкість і стабільний ріст, може бути привабливою для фахівців, оскільки це може гарантувати стабільні робочі умови.

Таким чином, галузевий розвиток вказує на конкретні переваги регіону в певних сферах, що привертає фахівців і робочу силу, спрямовану на ці галузі. Це є ключовим аспектом в висвітленні високих значень гравітаційного показника в економічно розвинених областях.

### 3. Інфраструктурні інвестиції

*Транспортна інфраструктура:* Економічно розвинені регіони здебільшого володіють розвинутою та ефективною транспортною системою. Це включає швидкі та зручні дороги, масовий транспорт, аеропорти та залізниці. Завдяки цьому, робочі та житлові місця стають легко доступними, що є ключовим фактором для приваблення населення з інших регіонів.

*Енергетична інфраструктура:* Наявність надійної та стабільної енергетичної інфраструктури є важливою для підтримки економічної активності. Економічно розвинені регіони часто привертають інвестиції у сучасні технології та ефективність в енергетичному секторі, що забезпечує сталість життєвих умов та підприємницької діяльності.

*Соціальна інфраструктура:* Великі інвестиції у соціальну інфраструктуру, таку як школи, лікарні, культурні заклади та рекреаційні об'єкти, створюють комфортні умови для життя та приваблюють населення. Якщо регіон пропонує високий рівень соціальної служби та безпеки, це може стати значущим фактором для притягання нових мешканців.

*Технологічні інновації:* Інвестиції у технологічні інновації та цифрові технології можуть робити економічно розвинений регіон більш привабливим для технологічно-орієнтованих індустрій. Це включає в

себе високошвидкісний Інтернет, цифрові платформи та інші технологічні зручності.

Отже, інфраструктурні інвестиції створюють сприятливі умови для життя та бізнесу, що може викликати збільшений інтерес до економічно розвинених регіонів. Високі показники гравітаційного показника в цих областях вказують на те, що інфраструктурні покращення стають одним із ключових магнітів для міграції та взаємодії населення.

#### 4. Великі міжнародні події

*Міжнародні заходи та форуми:* Економічно розвинені регіони, зокрема столичні міста, часто стають платформою для проведення великих міжнародних подій, таких як конференції, форуми, виставки та спортивні змагання. Ці події привертають увагу фахівців, представників бізнесу, науковців та туристів з усього світу. Такий міжнародний рівень активності може стати ключовим магнітом для нових мешканців та підвищення гравітаційного показника.

*Вплив на глобальний образ:* Проведення міжнародних заходів може позитивно впливати на глобальний образ регіону. Столичні області, які часто є центром подій цього роду, можуть асоціюватися з прогресивністю, інноваціями та світовою відкритістю, що робить їх привабливими для тих, хто шукає широкий культурний та професійний досвід.

*Економічні можливості:* Організація масштабних заходів створює економічні можливості для місцевих бізнесів, готелів, ресторанів та інших сфер обслуговування. Це може призводити до зростання робочих місць та підвищення рівня життя, що є додатковим стимулом для населення з інших регіонів переїхати в економічно розвинені області.

*Міжнародне співробітництво:* Масштабні міжнародні події можуть сприяти розвитку міжнародних зв'язків та співробітництва, яке може мати позитивний вплив на різні галузі економіки та культури. Це може розширити можливості для співпраці та обміну досвідом для бізнесу, науки та освіти.

Отже, проведення великих міжнародних подій в економічно розвинених регіонах стає істотним стимулом для збільшення гравітаційного показника через тимчасовий або постійний приплив населення, яке прагне взяти участь у цих заходах або вигідно скористатися їхнім економічним та соціокультурним впливом.

Таким чином зазначені аспекти демонструють, що високі значення гравітаційного показника у вказаних регіонах можуть бути обумовлені комплексом економічних, соціальних та інфраструктурних факторів. Це підтверджує концепцію, що економічно розвинені регіони є привабливими для населення через більші можливості, високий рівень життя та інші позитивні аспекти. [8]

### 3.2 .Застосування гравітаційних моделей у геоінформаційних системах (ГІС)

У світі, де швидкі та ефективні транспортні зв'язки стають ключовим фактором для економічного та соціального розвитку, вивчення пересувань та транспортних потоків стає актуальним завданням. Цей підрозділ присвячений детальному розгляду проблематики моделювання пересувань та транспортних потоків, зокрема використанню гравітаційних моделей для аналізу та прогнозу цих процесів.

Пересування об'єктів визначає життєвий ритм сучасного світу, зокрема впливає на економічні відносини, географічне розподілення ресурсів та планування міських територій. Аналіз цих пересувань дозволяє не лише розуміти структуру транспортних потоків, але й розробляти ефективні стратегії для покращення транспортної інфраструктури та оптимізації руху ресурсів.

У цьому контексті гравітаційні моделі виокремлюються як потужний аналітичний інструмент для розгляду та прогнозу пересувань. Вони базуються на концепції фізичного закону тяжіння та використовуються для опису взаємодій між різними точками та об'єктами у географічному просторі. [5]

Зростання населення, технологічні інновації та зміни у соціальних уподобаннях створюють нові виклики для аналізу та моделювання пересувань. Такі аспекти, як густина населення, забезпеченість транспортною інфраструктурою та вибір транспортних засобів, стають критичними факторами у розумінні та прогнозуванні транспортних потоків.

### 3.2.1 Моделювання пересувань та транспортних потоків

У сучасному світі, в умовах постійного росту населення та розвитку економічних зв'язків, проблема управління та прогнозування транспортних потоків та пересувань населення стає все більш актуальною. Застосування гравітаційних моделей, вперше

запропонованих у фізиці, у геоінформаційних системах (ГІС) виявляється важливим інструментом для вирішення цих завдань.

Гравітаційні моделі враховують принципи взаємодії між точками, де маса (розмір) точок виїзду та приїзду є визначальним фактором, а відстань між ними обертається важливою змінною. Такі моделі здатні точно описувати інтенсивність потоків між різними локаціями та сприяють глибшому розумінню взаємодії величин, що впливають на рух населення та товарів.

Геоінформаційні системи, в свою чергу, дозволяють нам точно визначати географічне положення точок, а також враховувати різноманітні просторові змінні, такі як топографія, кліматичні умови та інші фактори, що впливають на транспортні потоки. Вони є потужним інструментом для аналізу та візуалізації результатів моделювання. [5]

Застосування гравітаційних моделей у ГІС має різноманітні перспективи в різних галузях. По-перше, це може використовуватися для прогнозування руху населення та розвитку міської мобільності, що є важливим у мегаполісах та агломераціях. По-друге, такі моделі стають інструментом для аналізу та планування транспортних мереж, оптимізації логістичних стратегій та забезпечення сталого розвитку міст та регіонів.

Незважаючи на значні успіхи в цій області, існують виклики, що полягають у підтримці точності та реалістичності моделей, особливо у контексті постійних змін в географічному середовищі та транспортних стратегіях. Важливо постійно оновлювати та коригувати дані для забезпечення точних прогнозів.

Моделювання пересувань та транспортних потоків за допомогою гравітаційних моделей у ГІС є не лише інноваційним інструментом, але й стратегічно важливим напрямком для планування розвитку сучасних транспортних систем та створення умов для сталого та ефективного руху населення та товарів.

### 3.2.2 Адаптація до сучасних умов

В сучасному світі, що постійно змінюється та висуває нові виклики, адаптація стає необхідною умовою для сталого розвитку існуючих систем та підготовки до майбутніх викликів. В цьому контексті важливо визначити ключові аспекти адаптації та ефективні стратегії, які дозволять суспільству та організаціям пристосуватися до нових умов. Розглядаючи цей процес у контексті різноманітних сфер, можемо визначити кілька ключових аспектів, які визначають успішну адаптацію.

Технологічна трансформація — це ключовий фактор успішної адаптації до вимог сучасності. Стрімкий технологічний прогрес породжує необхідність неперервного впровадження новаторських рішень у всі сфери людської діяльності. Цей процес визначає еволюцію технологічного ландшафту та впливає на усі аспекти суспільства, від економіки до освіти.

Запровадження інноваційних технологій стає критичним елементом успішної адаптації, оскільки воно дозволяє не лише крокувати в ногу із стрімкими змінами, але й виходити вперед перед очікуваннями

ринку. Це відкриває нові можливості для підприємств, організацій і навіть цілих галузей, сприяючи їхньому ефективному функціонуванню та розвитку.

Технологічна адаптація включає в себе постійний моніторинг та впровадження передових технологій, що дозволяє підтримувати конкурентоспроможність на ринку. Це може включати в себе автоматизацію виробництва, впровадження штучного інтелекту та машинного навчання, оптимізацію бізнес-процесів та розвиток цифрових платформ.

Значущою частиною технологічної трансформації є здатність вирішувати складні виклики, такі як кібербезпека та етичні питання, пов'язані із застосуванням новітніх технологій. Забезпечення безпеки та ефективного використання технологій вимагає ретельного планування та сталого вдосконалення.

Технологічна трансформація не лише революціонізує економіку та бізнес, але також має глибокий вплив на соціокультурні та освітні практики. Зміни в підходах до навчання, розвиток технологічно орієнтованих методів інструкції та зміна способу взаємодії людей — усе це є частиною технологічної революції.

Таким чином, технологічна трансформація — це не просто необхідність, але й можливість для суспільства адаптуватися до вимог сучасного світу. Вона є двигуном для інновацій, стимулюючи розвиток та відкриваючи нові перспективи для сталого росту та успіху.

### 3.2.3 Гнучкі робочі практики

Підходячи до *впровадження гнучких робочих практик*, організації сприяють не лише забезпеченню оптимального балансу між роботою та особистим життям працівників, а й створюють сприятливий клімат для творчості та інновацій.

Віддалена робота, особливо в епоху цифрової трансформації, розширює географію доступу до талантів та відкриває можливості для взаємодії в реальному часі, незалежно від фізичного розташування. Це стимулює креативність, робочий ентузіазм та взаємодію між різними командами та фахівцями.

Гнучкий графік дозволяє пристосовувати робочий день до індивідуальних біоритмів працівників, що може позитивно впливати на їхню продуктивність та задоволеність від виконаної роботи. Такий підхід стає ефективним інструментом для управління стресом та втотою, забезпечуючи стабільніше фізичне та емоційне здоров'я колективу.

Запровадження гнучких робочих практик може також сприяти зменшенню обсягу понаднормового часу та підвищенню рівня власної відповідальності працівників. Здатність самостійно організувати свій робочий час часто спонукає до більшої самодисципліни та відданості завданням. [8]

Узгоджений підхід до гнучких робочих практик виробляє користь для обох сторін — працівників та роботодавців. Для останніх це може

також означати економію на оренді офісного простору та інших витратах, а також зниження текучості кадрів.

В цілому, гнучкі робочі практики виступають не лише як стратегічний інструмент для адаптації до нових умов, але й як крок у напрямку сучасної та ефективної організаційної культури.

### 3.2.4 Екологічна стійкість

Екологічна стійкість стає необхідною складовою стратегій адаптації в умовах зростаючих екологічних викликів. Організації, спрямовані на сталість та відповідальність, повинні приділяти особливу увагу зменшенню негативного впливу на природне середовище та впровадженню інноваційних зелених технологій.

Активна екологічна політика передбачає перехід до екологічно стійких практик в усіх сферах діяльності підприємств. Це включає в себе зменшення викидів шкідливих речовин, використання відновлюваних джерел енергії, ефективне використання ресурсів та максимальне обмеження відходів.

Зелені технології стають ключовим інструментом для забезпечення екологічної сталості. Інновації в області виробництва, транспорту, енергетики та інших галузей дозволяють підприємствам зменшувати свій відбиток на довкілля, а також розвивати нові ринкові можливості, пов'язані із зростанням попиту на екологічно чисті продукти та послуги.

Впровадження екологічно стійких практик має не лише позитивний вплив на природне середовище, але й сприяє покращенню іміджу компаній в очах споживачів та інвесторів. Споживачі все більше обертають увагу на екологічні аспекти діяльності підприємств, тому екологічна стійкість може бути ключовим фактором конкурентоспроможності.

Для досягнення екологічної сталості, підприємства повинні активно співпрацювати з урядовими структурами, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами. Спільні зусилля у напрямку збереження природи та збалансованого використання ресурсів стають запорукою сталого розвитку та адаптації до змін клімату.

Загалом, екологічна стійкість не тільки сприяє збереженню природи, але й є стратегічно важливою для довгострокового успіху підприємств, що прагнуть до гармонії з навколишнім середовищем та задоволення потреб сучасного суспільства.

### 3.2.5 Освіта та розвиток навичок

У контексті глобальних змін, що відбуваються в економіці, науці та соціальній сфері, освіта і розвиток навичок стають не тільки індивідуальною потребою, але й стратегічним напрямком для суспільного прогресу. Постійна еволюція технологій і зміни вимог ринку праці вимагають від освітніх систем гнучкості та актуальності.

Забезпечення доступу до вищої освіти та професійного розвитку стає справжньою інвестицією в кадровий потенціал країни. Навчання повинно сприяти розвитку критичного мислення та творчих здібностей, формуванню аналітичних навичок та вмінь ефективно співпрацювати в колективі.

Розвиток навичок також включає адаптацію до сучасних трендів у світі роботи. Навчання програмуванню, робототехніці, інженерії та інших STEM-напрямків стає основою для розуміння цифрового світу та активної участі в його формуванні.

При цьому, важливо враховувати різноманітність форм і методів навчання. Як традиційні класичні методи, так і сучасні технології, такі як онлайн-курси, віртуальна реальність та інші інноваційні підходи, мають своє місце в освітньому процесі.

Додатково, важливо створювати умови для розвитку та підтримки наукових досліджень, сприяти трансферу технологій та інновацій між вищими навчальними закладами та бізнес-середовищем. Це сприятиме не лише розвитку нових технологій, але й створенню конкурентоспроможного економічного середовища.

Отже, освіта та розвиток навичок є ключовими елементами сучасної стратегії адаптації до змін у всіх сферах життя. Індивіди, які здатні швидко навчатися та адаптовуватися до нових умов, стають важливими креативними силами для формування майбутнього.

### 3.2.6 Глобальна співпраця

В контексті глобальної співпраці та використання гравітаційних моделей у геоінформаційних системах (ГІС), важливо зазначити, що ці інструменти можуть бути ефективними для аналізу та планування регіонального розвитку. Гравітаційні моделі дозволяють прогнозувати потоки людей, товарів та послуг між різними географічними областями, що має важливе значення для створення стратегій розвитку та розподілу ресурсів.

У сфері економічного розвитку, глобальна співпраця може сприяти створенню спільних торговельних зон та інтеграції економік для спільного розвитку. Застосування гравітаційних моделей у цьому контексті допомагає прогнозувати ефективність та взаємовигідність торговельних відносин між країнами та регіонами.

Глобальна співпраця також може виявитися вирішальною в боротьбі зі світовими проблемами, такими як бідність та голод. Використання гравітаційних моделей у ГІС може допомогти визначити оптимальні шляхи розподілу гуманітарної допомоги та ресурсів для найбільш ефективного подолання глобальних викликів.

Звертаючись до аспекту технологічної співпраці, глобальні обміни інноваціями та технічними знаннями мають потенціал кардинально змінити становище країн у сучасному світі. Гравітаційні моделі дозволяють прогнозувати напрямки та інтенсивність обміну технологіями між різними регіонами, що сприяє створенню інноваційного середовища та розвитку новаторських галузей.

Отже, глобальна співпраця та використання гравітаційних моделей у ГІС не лише допомагають вирішувати актуальні проблеми, але й створюють основу для сталого та взаємовигідного розвитку усього світу.

## ВИСНОВКИ

У сучасному світі ознаки інтенсивного міського розвитку стають все більш помітними. Зростання населення в міських областях та розширення міських територій породжують величезні виклики, що потребують глибшого розуміння та системного підходу до планування. Однією з ключових аспектів цього процесу є визначення зон впливу міст, де врахування соціальних та економічних факторів грає визначальну роль.

У цьому контексті, гравітаційна модель визначення зон впливу міст набуває особливого значення. Ця модель, основана на ідеї гравітаційного взаємодії між міськими центрами та їхніми околицями, є не лише інструментом прогнозування впливу, але й розширює наше розуміння соціально-економічної динаміки міських областей. Використання гравітаційної моделі враховує не тільки кількість населення, але й відстані між різними міськими об'єктами, створюючи комплексний підхід до визначення зон впливу.

Основний акцент у цьому дослідженні був зроблений на соціальному та економічному визначенні зон впливу, де використання гравітаційної моделі дозволяє не лише точно прогнозувати розподіл впливу міст, але й аналізувати взаємодію між ними на більш глибокому рівні.

Виходячи із наведених висновків, можна стверджувати, що гравітаційна модель визначення зон впливу міст є не тільки потужним аналітичним інструментом, але й стратегічним підходом для подальшого

вдосконалення міського планування. Результати цього дослідження визначають шляхи для подальших наукових розвідок та практичного впровадження, наголошуючи на значущості розуміння та управління соціально-економічним ландшафтом міст в умовах їхнього активного розвитку. Такий підхід відкриває нові перспективи для сталого та гармонійного розвитку міських територій, де гравітаційна модель є ключовим інструментом в арсеналі сучасних стратегій міського розвитку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

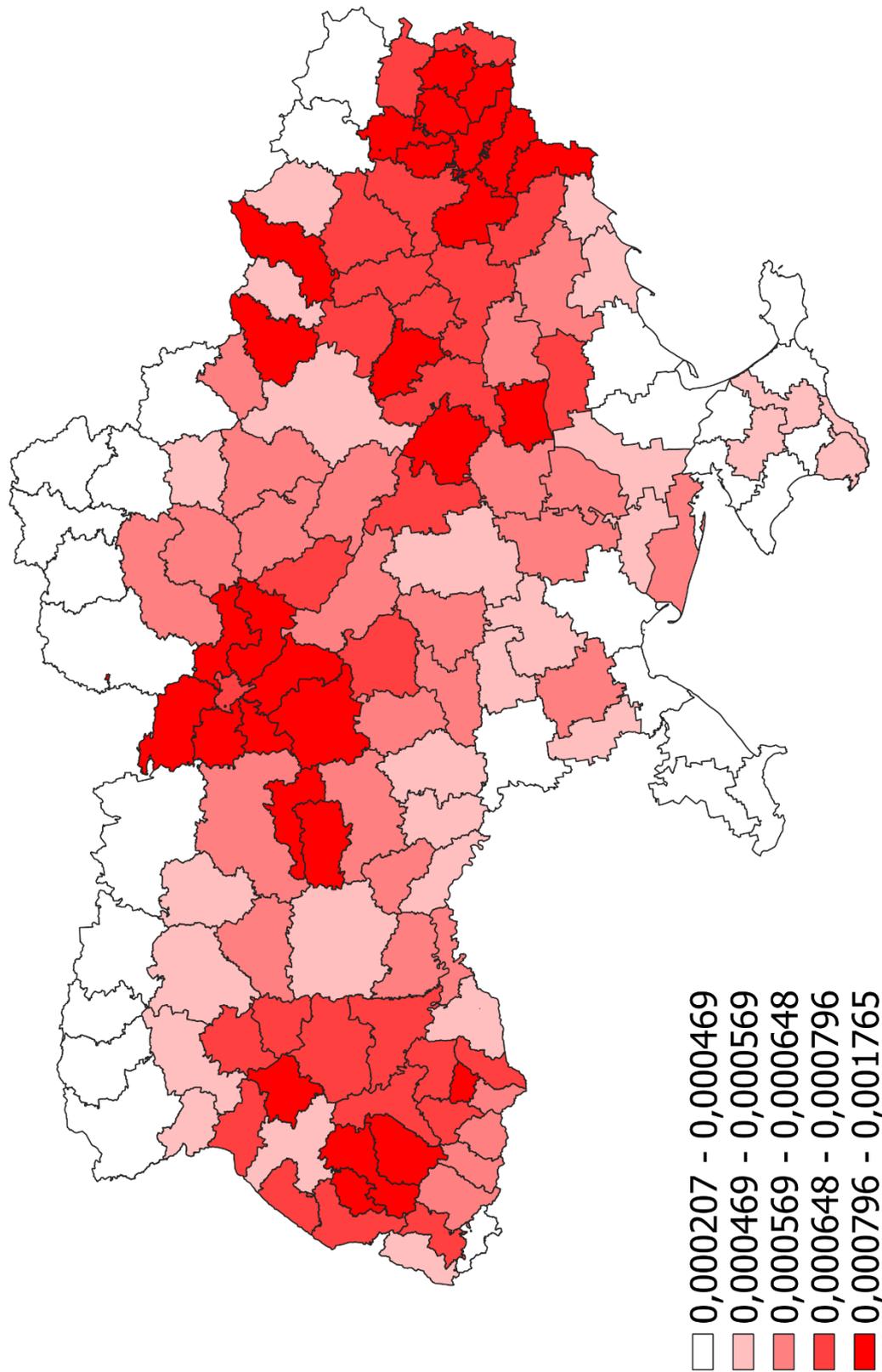
1. КОВАЛЕНКО, А. О. Урбанізація і стратегічне планування сталого розвитку міст; Urbanization and strategic planning for the sustainable development of cities. Науковий журнал Економічний вісник Національного гірничого університету; Научный журнал Экономический вестник Национального горного университета; Scientific journal Economic Bulletin of the National Mining University, 2017.
2. БОЙКО-БОЙЧУК, Олег Вадимович. Світові тенденції розвитку міст: міжнародний досвід. URL: <http://academy.gov.ua/ej/ej6/txts/07bovmmd.htm>, 2007.
3. <http://iot.lviv.ua/%D1%89%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5-%D1%96%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%B9/>
4. РИЖОВА, Ірина Станіславівна, et al. Вплив “smart технологій” на розвиток “smart-міста” в інформаційному суспільстві. 2018.
5. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник /В. Д. Шипулін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 313 с.
6. Планування територій: Навч. посіб. / О. Г. Топчієв, Д. С. Мальчикова. –Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 268 с.
7. Haynes, K.E. & Fotheringham, A.S. (1985). Gravity and Spatial Interaction Models . Reprint. Edited by Grant Ian Thrall. WVU Research Repository, 2020
8. Урбаністика : навч. посібник для студентів напряму підготовки «Будівництво» / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 274 с.

9. Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Геоінформаційні системи в управлінні територіями» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології, 8.08010105 – Геоінформаційні системи та технології та студентів 6 курсу заочної форми навчання спеціальності 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології) / І. С. Творошенко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 87 с
10. XIE, Zhiwei, et al. Modeling polycentric urbanization using multisource big geospatial data. *Remote Sensing*, 2019, 11.3: 310.
11. Планування і благоустрій міст : навч. посібник. для студентів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 0921 (6.060101) – «Будівництво» / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний, Т. О. Черноносова; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. -191 с
12. Day, Jennifer & Chen, Yiqun & Ellis, Peter & Roberts, Mark. (2015). A Free, Open-Source Tool for Identifying Urban Agglomerations using Point Data. *Spatial Economic Analysis*. 11. 1-25. 10.1080/17421772.2016.1102957.

## **ДОДАТКИ**

Гравітаційна модель привабливості районів України для дорослого населення

1:8 000 000



Додаток А Гравітаційна модель привабливості районів України для дорослого населення