

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості
міського середовища**

Запорожець Олена Вадимівна

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Рівень плагіату – _____

Член експертної комісії з виявлення та
запобігання академічного плагіату

(ПІБ експерта _____)

(ПІБ експерта)

(підпис)

Київ – 2022 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Карпінський Ю.О.
“ _____ ” _____ 2022 року

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

**Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості
міського середовища**

Виконала студентка групи ГСТ-51
_____ 193 «Геодезія та землеустрій»
(спеціальність)
Геоінформаційні системи і технології
(спеціалізація)
Запорожець Олена Вадимівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)
Керівник _____ Лященко А.А.
(прізвище та ініціали)
професор, доктор техн. наук
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2022 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Кафедра: Геоінформатики і фотограмметрії

Освітній рівень: «магістр за ОПП»

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: Геоінформаційні системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

доцент., к.т.н. Нестеренко О. В.

“04” жовтня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Запорожець Олена Вадимівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища

затверджена наказом ректора КНУБА № 1793/2 від « 16 » листопада 2022 року

2. Керівник роботи проф., д.т.н. Лященко Анатолій Антонович

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту: 22 грудня 2022 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

Р. 1. Аналіз стану і тенденції розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища

Р. 2. Методичні засади дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища

Р. 3. Результати обчислювальних експериментів дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища

Висновки

Список використаної літератури

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Завдання, структура та обмеження проекту. Класифікація геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища. Аналіз засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища

Р. 2. Структурно-функціональна модель ГІС оцінювання якості міського середовища (ГІС ОЯМС). Концептуальна модель БГД ГІС ОЯМС. Фрагмент каталогу класів об'єктів БГД ГІС ОЯМС. Схеми алгоритмів ОЯМС в ГІС.

Р. 3. Технологічна схема обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС. Склад вихідних геопросторових даних на дослідні території обчислювального експерименту ОЯМС в ГІС. Логічна модель БГД ГІС ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS. Схеми реалізації прикладних SQL-функції для ГІС ОЯМС. Електронні карти з результатами обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС.

7. Календарний план виконання роботи:

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
Розділ 1. Аналіз стану і тенденції розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища. Класифікація геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища. Аналіз засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища. Структура, завдання та обмеження проекту.	15.10.2021
Розділ 2. Методичні засади дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища. Структурно-функціональна модель ГІС оцінювання якості міського середовища (ГІС ОЯМС). Концептуальна модель БГД ГІС ОЯМС. Фрагмент каталогу класів об'єктів БГД ГІС ОЯМС. Схеми алгоритмів ОЯМС в ГІС.	30.10.2021
Розділ 3. Результати обчислювальних експериментів дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища. Технологічна схема обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС. Склад вихідних геопросторових даних на дослідні території обчислювального експерименту ОЯМС в ГІС. Логічна модель БГД ГІС ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS. Схеми реалізації прикладних SQL-функції для ГІС ОЯМС. Аналіз результатів обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС .	25.11.2021
Складання резюме та остаточне оформлення роботи	02.12.2021
Подання роботи на перевірку на плагіат	04.12.2021
Подання роботи на рецензування	12.12.2021
Попередній захист роботи на кафедрі	15.12.2021

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

9. Дата видачі завдання 4 жовтня 2022 р.

Зав. кафедри _____ Карпінський Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Лященко А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Запорожець О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary)		Запорожець Олена Вадимівна	
<i>До атестаційної випускної роботи студента:</i>			
<i>Назва ВНЗ</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема</i>	Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища		
<i>Освітній ступінь</i>	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
<i>Факультет</i>	Геоінформаційних систем та управління територіями		
<i>Кафедри</i>	Геоінформатики та фотограмметрії		
<i>Спеціальність</i>	193 Геодезія та землеустрій		
<i>Спеціалізація</i>	Геоінформаційні системи і технології		
<i>Керівник</i>	Лященко Анатолій Антонович, д.т.н, професор		
<i>Обсяг роботи</i>	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>креслень формату А4</i>
	108	3	22
<i>Розділ 1</i>	Приведено результати аналізу стану і тенденції розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища та класифікацію геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища (ОЯМС). Встановлено, що в сучасних системах для ОЯМС найширше застосовуються моделі з використанням часткових та інтегральної функції бажаності Харрінгтона (ІФБ) для врахування впливу антропогенних та природних об'єктів на довкілля. Визначено структуру, завдання та обмеження проекту.		
<i>Розділ 2</i>	Розроблено компоненти методичного забезпечення дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС, а саме: структурно-функціональна модель ГІС ОЯМС, концептуальна модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних системи, схеми алгоритмів формування варіантів GRID та полігональної моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС.		
<i>Розділ 3</i>	Подано технологічну схему та результати обчислювального експерименту дослідження чотирьох варіантів геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням GRID та полігональної моделей поверхні ІФБ в комбінації з частковими функціями бажаності врахування впливу класів та підкласів антропогенних та природних об'єктів на довкілля на прикладі м. Дрогобич. Описано логічна модель бази геопросторових даних та схеми реалізації прикладних SQL-функцій для формування GRID та полігональної моделей поверхні ІФБ ОЯМС в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS. Виконано тематичне картографування та статистичний аналіз результатів порівняння ОЯМС отриманих за чотирма варіантами GRID та полігональної моделей поверхні ІФБ для м. Дрогобич.		
<i>Висновки по роботі:</i>	<p>На прикладі території м. Дрогобич виконано оцінку якості міського середовища за чотирма варіантами геоінформаційних моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС.</p> <p>Результати за варіантом GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в поєднанні з частковими функціями бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу мають найкращу збіжність з базовою експертною оцінкою.</p> <p>Реалізація програмних SQL-функцій геоінформаційного моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL/PostGIS забезпечує можливість їх широкого практичного використання.</p>		
<p>Ключові слова: оцінка якості міського середовища; геопросторові дані; інтегральна функція бажаності якості міського середовища; функції бажаності Харрінгтона; СКБД PostgreSQL.</p> <p>Keywords: assessment of the quality of the urban environment; geospatial data; integral function of the desirability of the quality of the urban environment; Harrington desirability functions; DBMS PostgreSQL.</p>			

Укладач: _____ / Запорожець О.В./

Керівник: _____ /Лященко А.А./

« ____ » _____ 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА	11
1.1. Аналіз нормативно-правового забезпечення оцінювання якості міського середовища.....	11
1.2 Огляд сучасних публікацій та класифікація геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	15
1.3 Постановка задачі дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища.....	24
1.4 Структура, завдання та обмеження проекту.....	26
Висновки до розділу 1.....	28
2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА	30
2.1 Структурно-функціональна модель ГІС оцінювання якості міського середовища.....	30
2.2 Концептуальна модель БГД ГІС оцінювання якості міського середовища.....	32
2.3 Каталог класів об'єктів БГД ГІС ОЯМС.....	35
2.4. Розроблення алгоритмів функцій геоінформаційного моделювання оцінки якості міського середовища.....	39
2.4.1 Загальна характеристика геоінформаційних моделей ОЯМС, що досліджуються.....	39
2.4.2 Алгоритми формування GRID моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС.....	40
2.4.3 Алгоритми формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС.....	46
2.4.4 Алгоритм обчислення індексів довкілля для оціночних районів.....	48
Висновки до розділу 2.....	50
3 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	53
3.1 Технологічна схема обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС.....	53
3.2 Склад вихідних геопросторових даних на дослідну територію	58
3.3 Логічна модель БГД ГІС ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS	61
3.3.1. Логічна модель реалізації класу оціночних районів <i>blocks_ocr</i>	62

3.3.2. Логічна модель класу <i>br_city</i> для території міста	63
3.3.3. Логічна модель класу <i>eco_grid</i>	65
3.4 Схеми реалізації прикладних SQL-функції для ГІС ОЯМС	66
3.4.1. Функція формування <i>GRID</i> моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу	67
3.4.2. Функція формування <i>GRID</i> моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу.....	68
3.4.3. Функції формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу	69
3.4.4. Функції формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу	69
3.4.5 Функція обчислення індексу стану довкілля оціночних районів <i>_block_skc</i> ().....	70
3.5 Аналіз результатів обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС.....	73
Висновки до розділу 3	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТОК А. ТЕКСТИ РОЗРОБЛЕНИХ SQL-ФУНКЦІЙ	88
A.1 Функція <i>_grid_eval</i> для формування <i>GRID</i> -моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу	88
A.2 Функція <i>_grid_eval_k</i> для формування <i>GRID</i> -моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для категорій класів об'єктів впливу	90
A.3 Функція <i>_ocr_eval</i> для формування полігональної моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу	93
A.4 Функція <i>_ocr_eval_k</i> для формування полігональної моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для категорій класів об'єктів впливу	95
A.5 Функція визначення індексів якості довкілля для оціночних районів	99
ДОДАТОК Б. ТАБЛИЦІ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ АНАЛІЗУ	102
Додаток Б.1. Результати визначення індексу якості довкілля оціночних районів м. Дрогобич за чотирма моделями ОЯМС	102

Додаток Б.2. Результати порівняння відхилень значень індексу якості оціночних районів м. Дрогобич, визначених за чотирма моделями ОЯМС ..	104
ДОДАТОК В. МАТЕРІАЛИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ РОБОТИ.....	107

ВСТУП

Актуальність досліджень. Оцінювання якості міського середовища належить до важливих завдань управління сталим розвитком території, основними складовими якого є поєднання інтересів суспільства, економіки та екології. Якість міського середовища визначається якістю його складових: антропогенного, природного та соціального середовищ. Під якістю міського середовища розуміють рівень задоволення фізіологічних, матеріальних та духовних потреб населення міста завдяки організації та функціонуванню цього середовища [22].

В багатьох нормативних документах та дослідженнях розглядаються складові та основні чинники якості міського середовища [1, 4, 5, 11, 14, 22, 23, 26, 30]. Узагальнено можна визначити, що:

1) до основних чинників якості антропогенного середовища належать: організація антропогенного середовища, функціонування антропогенного середовища, виховний вплив антропогенного середовища, інформаційна підтримка антропогенного середовища;

2) чинниками якості природного середовища є: чистота атмосферного повітря, чистота і наявність водних ресурсів, стан зелених насаджень, стан фауни, інформаційна підтримка охорони природного середовища;

3) до чинників якості соціального середовища належать: формування індивідуальної свідомості, формування колективної свідомості; рівень соціальної активності, інформаційна підтримка соціального середовища, рівень правової освіти, доступ до інформації, рівень задоволення потреб в соціальній інфраструктурі.

До важливої компоненти управління сталим розвитком міста належить система управління якістю міського середовища, яка поєднує: моніторинг стану міського середовища; оцінювання якості середовища як комплексне, так і за його компонентами; прийняття рішень та реалізація заходів щодо поліпшення якості міського середовища. До важливих складових таких рішень та заходів належать

стратегічна екологічна оцінка [1], комплексні плани просторового розвитку територій та інша містобудівна документація [11].

Як правило при розробленні планів та проєктів щодо розвитку території оцінюється виникає потреба в оцінюванні якості поточного стану міського середовища та/або прогнозування змін за результатами реалізації проєктів.

Застосування ГІС для моделювання прояву та впливу антропогенних і природних чинників на міське середовище в містобудівній, природоохоронній і землевпорядній діяльності пояснюється значимістю просторової (географічної) складової у моделях розташування джерел забруднення, полів поширення їх впливу на довкілля – рослинний і тваринний світ, на людей. Ефективність застосування ГІС для оцінювання якості міського середовища залежить від адекватності геоінформаційних моделей процесам і явищам, що відбуваються та взаємодіють на території, а також від гнучкості цих моделей стосовно адаптування до неповних та різночасових вихідних даних про територію і джерела забруднення.

Зважаючи на потребу у врахуванні при оцінюванні якості міського середовища (ОЯМС) багатьох чинників, прояв та вплив яких визначається в різних системах одиниць вимірювання, в моделях оцінки як правило застосовуються експертні методи, методи нечітких множин та функції бажаності, що ґрунтуються на шкалі Харрінгтона для оцінювання впливу (прояву) окремих чинників (часткових оцінок) та інтегральній оцінці як середнього геометричного часткових оцінок [25]. В наукових працях розглядаються використання різних просторових моделей (полігональних, ґрид, точкових) в комбінаціях з різними підходами до відображення параметрів впливу на шкалу Харрінгтона [18-21, 24, 28 - 31]. Це зумовлює актуальність завдання з дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням поверхні інтегральної функції бажаності та визначення меж їх ефективного використання.

Не менш нагальними є технологічні аспекти реалізація цих методів середовищі відкритих ГІС та відкритих систем керування базами геопросторових даних (БГД) в контексті їх подальшого практичного використання з

мінімальними фінансовими витратами та доступності засобів для розвитку й удосконалення засобів моделювання.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є вирішення прикладного завдання з дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона і технологій їх реалізації в середовищі систем керування базами геопросторових даних для підвищення ефективності використання геоінформаційних технологій в системах управління якістю міського середовища.

Для досягнення цієї мети в роботі сформульовано та вирішено такі основні завдання:

- 1) аналіз стану і тенденцій розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища; дослідження класифікації геоінформаційних моделей;
- 2) класифікація геоінформаційних методів і моделей оцінювання якості міського середовища;
- 3) розроблення структурно-функціональної моделі ГІС оцінювання якості міського середовища (ГІС ОЯМС);
- 4) розроблення концептуальної моделі та каталогу класів об'єктів БГД для оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона в комбінації з полігональною та GRID –моделлю території;
- 5) розроблення прикладних SQL-функцій ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS;
- 6) проведення обчислювального експерименту з дослідження варіантів геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням функцій бажаності Харрінгтона в комбінації з полігональною та GRID –моделлю території;
- 7) аналіз результатів обчислювального експерименту та розробка рекомендацій щодо ефективності використання геоінформаційних моделей ОЯМС.

Об'єкт дослідження – міське середовище

Предмет досліджень – геоінформаційні моделі і технології оцінювання якості міського середовища

Методи дослідження. Методологічну основу роботи складають:

монографічний метод опрацювання наукових публікацій, нормативних документів, стандартів та інших матеріалів в сфері оцінки якості міського середовища та геоінформаційних моделей;

методи формалізації для розроблення і подання технологічних моделей та концептуальних моделей геопросторових даних з використанням IDF моделей та UML діаграм;

методи просторового аналізу, GRID моделювання та функції бажаності Харрінгтона для оцінювання якості міського середовища;

методи розроблення й використання прикладних SQL-функцій в середовищі ОР СКБД PostgreSQL/PostGIS.

Новизна одержаних результатів. В роботі здійснено узагальнення та на прикладі дослідної території отримано практичні результати вирішення прикладної задачі з дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона і технологій їх реалізації в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL/PostGIS, зокрема:

1) розроблено концептуальну модель бази геопросторових даних для оцінювання якості міського середовища з використанням GRID та полігональної моделей поверхні інтегральної функцій бажаності Харрінгтона для оцінювання впливу антропогенних і природних об'єктів на довкілля;

2) в середовищі PostgreSQL/PostGIS розроблено прикладні SQL-функції для чотирьох варіантів моделювання поверхні інтегральної функцій бажаності оцінки якості міського середовища;

3) за результатами обчислювального експерименту на реальних даних про об'єкти впливу на довкілля міста Дрогобич отримано оцінки збіжності для геоінформаційних моделей якості міського середовища з використанням

варіантів GRID та полігональної моделей поверхні інтегральної функції бажаності.

Вихідні інформаційні ресурси роботи. Для виконання роботи як вихідні дані використано набір геопросторових даних на територію м. Дрогобич та результати експерної оцінки стану довкілля міста в проєкті нормативної грошової оцінки земель як база для порівняння досліджуваних в роботі геоінформаційних моделей ОЯМС;

Робота ґрунтується на публікаціях та результатах науковців щодо використання функцій бажаності Харрінгтона в еколого-економічних дослідженнях, а також науковців кафедри геоінформатики і фотограмметрії КНУБА з проблем проєктування, геоінформаційного моделювання та оцінювання стану довкілля, зокрема це роботи професора д.т.н. Ляценка А. А., доцентів кандидатів технічних наук Горковчука Д. В., Горковчук Ю.В., Патракеєва І.М. та к.т.н. Максимової Ю. С.

Розділ 1
АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО
СЕРЕДОВИЩА

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконала		Запорожець О.В.			Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Лященко А.А.					1	18
Керівник		Лященко А.А.				КНУБА, група ГСТ-61		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

1 АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

1.1. Аналіз нормативно-правового забезпечення оцінювання якості міського середовища

Нормативно-правове забезпечення є важливою складовою оцінювання стану міського середовища та розробки заходів щодо його покращення. Воно багатоаспектне та стосується багатьох сфер діяльності, зокрема щодо:

- стратегічної екологічної оцінки програм, планів та проєктів розвитку території;

- забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення;

- охорони атмосферного повітря;

- оцінки сталого розвитку;

- встановлення санітарних правил планування та забудови населених пунктів;

- обмеження у використанні земель;

- встановлення особливого режиму використання територій в СЗЗ навколо потенційно небезпечних об'єктів певних галузей промисловості, енергетики, комунального господарства тощо;

- розроблення планувальних обмежень та системи заходів із забезпечення санітарного благополуччя населення в проєктах містобудівної документації;

- розроблення та забезпечення системи заходів із землеустрою для захисту земель від забруднення промисловими відходами та хімічними речовинами;

- розроблення містобудівної документації та документації із землеустрою щодо встановлення обмежень використання земель в санітарно-захисних зонах.

В контексті теми цієї роботи у нормативно-правовому забезпеченні оцінювання стану міського середовища, можна визначити чотири групи нормативно-правих документів (рис. 1.1).

Об'єкти та/або предмети правового регулювання	Нормативно-правові акти
<i>Загальні засади забезпечення екологічної безпеки в Україні</i>	<p align="center"><u>Конституція України</u></p> <p align="center"><u>Закони України:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення • Про охорону навколишнього природного середовища • Про охорону атмосферного повітря
<i>Особливий режим використання територій навколо потенційно небезпечних об'єктів</i>	<p align="center"><u>Кодекси та Закони України:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Земельний Кодекс України • Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку • Про видобування і переробку уранових руд • Про ринок електричної енергії • Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів
<i>Розроблення заходів щодо забезпечення екологічної безпеки при плануванні та забудові населених пунктів</i>	<p align="center"><u>Закони України:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Про охорону атмосферного повітря • Про регулювання містобудівної діяльності • Про землеустрій <p align="center"><u>ДСанПіН та ДБН:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів • ДБН 360-92**: Державні будівельні норми. Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень • ДСТУ-Н Б Б.1.1-12:2011. Настанова про склад та зміст плану зонування території • Інші ДБН щодо розроблення містобудівної та проектної документації
<i>Оцінка екологічного середовища</i>	<p align="center"><u>Закон України:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Про стратегічну екологічну оцінку • Про природно-заповідний фонд • Про оцінку впливу на довкілля • Про екологічну мережу

Рис.1.1. Структурна схема нормативно-правового забезпечення ОЯМС

Стисло проаналізуємо зміст та вимоги нормативно-правових актів визначених груп в контексті вирішення поставлених завдань пропонованої магістерської роботи.

Загальні засади забезпечення екологічної безпеки в Україні викладено в Конституції України та законах України: «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [4], «Про охорону навколишнього природного середовища» [5] та «Про охорону атмосферного повітря» [6].

В Конституції України визначено, що земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави. В Статті 14 Конституції України встановлено, що: «Право власності на землю гарантується. Це право набувається і реалізується громадянами, юридичними особами та державою виключно відповідно до закону». Але це право повинно реалізуватися як право відповідального використання власності на основі дотримання принципу забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України. Зокрема, в Статті 41 Конституції України визначено зміст права відповідального використання власності, а саме: «Використання власності не може завдавати шкоди правам, свободам та гідності громадян, інтересам суспільства, погіршувати екологічну ситуацію і природні якості землі».

В Законі України: «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [4] встановлено обов'язковість виконання державних санітарних норми та правила при здійсненні будь-якої діяльності, що пов'язана із можливим шкідливим впливом на здоров'я людини, на середовища життєдіяльності, що створює загрозу здоров'ю, життю або працездатності людини чи здоров'ю майбутніх поколінь.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» визначено основні засади та завдання законодавства про охорону навколишнього природного середовища щодо «регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною».

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» також регулює відношення та встановлює вимоги щодо:

нормування в галузі охорони навколишнього природного середовища;

вимог до екологічних нормативів, які встановлюють гранично допустимі викиди та скиди у навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів;

порядку встановлення екологічних нормативів з урахуванням вимог санітарно-гігієнічних та санітарно-протиепідемічних правил і норм, гігієнічних нормативів.

Екологічних вимоги до розміщення, проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію та експлуатації підприємств, споруд та інших об'єктів. Законі України «Про охорону атмосферного повітря» [6] визначає конкретні шляхи, принципи та зміст заходів щодо забезпечення захисту населення від впливу промислових підприємств на навколишнє природне середовище на здоров'я населення. Зокрема у Статті 24 цього закону визначається, що «з метою забезпечення оптимальних умов життєдіяльності людини в районах житлової забудови, масового відпочинку і оздоровлення населення при визначенні місць розміщення нових, реконструкції діючих підприємств та інших об'єктів, які впливають або можуть впливати на стан атмосферного повітря, встановлюються санітарно-захисні зони».

Встановлення особливого режиму використання територій навколо потенційно небезпечних об'єктів регулюється Земельним Кодексом України [1] та законами України: «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [7], «Про видобування і переробку уранових руд» [8], «Про ринок електричної енергії» [9] та «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» [10].

Закон «Про стратегічну екологічну оцінку» [11] регулює відносини у сфері наслідків для довкілля, здоров'я населення, виконання документів державного планування та поширюється на документи державного планування, які стосуються сільського господарства, лісового господарства, рибного господарства, енергетики, промисловості, транспорту, поводження з відходами, використання водних ресурсів, охорони довкілля, телекомунікацій, туризму,

містобудування або землеустрою (схеми) та виконання яких передбачатиме реалізацію видів діяльності (або які містять види діяльності та об'єкти), щодо яких законодавством передбачено здійснення процедури оцінки впливу на довкілля, або які вимагають оцінки, зважаючи на ймовірні наслідки для територій та об'єктів природно-заповідного фонду та екологічної мережі (далі - території з природоохоронним статусом), крім тих, що стосуються створення або розширення територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

Метою стратегічної екологічної оцінки є сприяння сталому розвитку шляхом забезпечення охорони довкілля, безпеки життєдіяльності населення та охорони його здоров'я, інтегрування екологічних вимог під час розроблення та затвердження документів державного планування.

1.2 Огляд сучасних публікацій та класифікація геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища

Еколого-економічне оцінювання міських територій належить до сфери діяльності, що характеризується інтенсивним застосуванням геоінформаційних технологій. Про це свідчить лавина публікацій у науковій періодиці та в Інтернеті з питань теорії і практики застосування ГІС в еколого-економічній сфері. Сучасні дослідження застосування геоінформаційних систем для екологічного моніторингу і оцінки якості міського середовища ведуться в таких напрямках: обґрунтування та розроблення нових методів, які зорієнтовані на геоінформаційне моделювання прояву та впливу антропогенних і природних чинників на стан довкілля; удосконалення технологій збирання даних в глобальних інформаційних мережах; використання даних дистанційного зондування Землі для підвищення достовірності даних про стан природного середовища; застосування універсальних СКБД для зберігання, інтегрування та використання геопросторових даних з різних джерел, а також застосування засобів розроблення прикладних функцій на стороні сервера в незалежному від інструментальних ГІС середовищі об'єктно-реляційних баз даних.

Сучасні геоінформаційні технології дозволяють досягнути високого синопсису та інтеграції великих обсягів даних на основі бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу та програмних засобів моделювання прояву факторів на території міста і оцінки відносного рівня їх впливу методами обчислення кваліметричних пофакторних та інтегральних індексів.

Стратегічна мета моделювання міського середовища — пошук ефективних і оптимальних методів і засобів управління процесами, що забезпечують його стійкий розвиток.

Гетерогенна природа процесів та явищ міського середовища передбачає розробку різних способів організації знань про місто, використання різних методологічних засобів їх пізнання. Тому огляд і короткий порівняльний аналіз способів побудови знань про міське середовище — нагальна проблема в оцінці якості міського середовища.

Особливий статус в цій класифікації займають *глобальні моделі*, в яких розглядаються глобальні зміни біосфери як результат антропогенних впливів або змін клімату. Класичною моделлю є модель ядерної зими, яка прогнозує зміни клімату у випадку великомасштабної війни. Складність завдань вимагає застосування системного підходу розробленого Дж. Форрестером [27].

Велике значення мають моделі аналізу міського середовища, які гуртуються на окремих характеристиках міської системи із застосуванням кількісних методів дослідження. Прикладом типів таких моделей може бути функціональна модель території І. Лоурі, в якій описується взаємодія одних функціональних підсистем міського середовища (промисловість, транспорт) на розвиток інших (населення, послуги) [29].

Як наголошується в [20], ще донедавна застосування ГІС в екологічній сфері зводилося в основному до цифрового моделювання тематичних карт за зібраними даними щодо джерел та рівня забруднення довкілля. Новітній етап інформатизації геоекологічної сфери характеризується переходом від використання даних до використання знань зі створенням відповідних «інтелектуальних» засобів, які забезпечують використання не тільки

детермінованих моделей, а й генерування та/або параметричне налаштування моделей в залежності від повноти вхідних даних, складу, структури та взаємозв'язків об'єктів (процесів), що моделюються. В ГІС нового покоління поєднуються геоінформаційні моделі, засновані на просторових властивостях і просторових відношеннях об'єктів та явищ, та засоби, що базуються на методах і технологіях штучного інтелекту (нечітка логіка, нейронні мережі тощо).

Оцінювання якості міського середовища потребує врахування комплексу показників, які є різними за своєю фізичною природою і одержуються різними способами вимірювання й контролю. З огляду на це, існує декілька найпоширеніших методів визначення показників екологічного стану:

експериментальний – за допомогою технічних засобів вимірювання і контролю;

розрахунковий – на основі статистичних та інших моделей обчислень із використанням значень параметрів, знайдених іншими методами;

експертний – заснований на врахуванні суджень та оцінок групи фахівців-експертів.

На основі аналізу публікацій про застосування ГІС у моніторинговій, природоохоронній та еколого-економічній сферах в [20] запропоновано, систему класифікації геоінформаційних еколого-економічних моделей території (рис. 1.2), в якій враховано такі сучасні підходи:

1) просторово-планувальна структура міської території подається в ГІС полігональними моделями земельних ділянок, будівель та споруд, містобудівного, кадастрового та еколого-економічного зонування території;

2) просторові моделі негативних процесів і явищ в ГІС можуть подаватися як полігональними моделями меж джерел забруднення та зон впливу факторів, так і дискретними GRID-моделями (регулярними сітковими моделями) географічних полів рівнів прояву факторів та/або полів оцінок їх впливу;

3) оцінка за своїм змістом може бути:

- диференційна по кожному окремому фактору;
- інтегрована або комплексна загальна за групою або усіма факторами;

– цільова (диференційна або комплексна), в якій оцінюється вплив з урахуванням цілей проєкту, видів функціонального використання земель або видів об'єктів нерухомості.

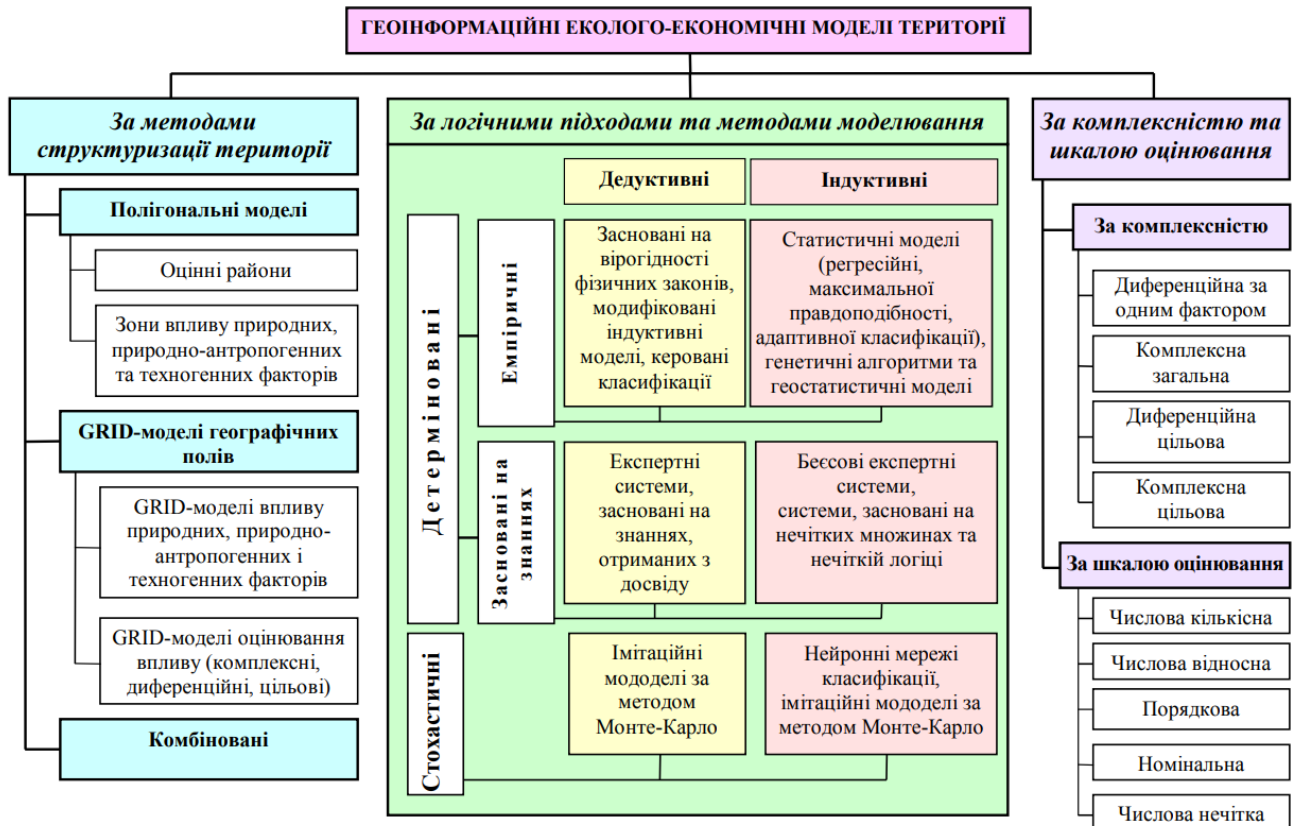


Рис. 1.2. Схема класифікації геоінформаційних еколого-економічних моделей міської території [20]

Для моделювання прояву власне факторів та їх просторового поширення на території в залежності від місця розташування та потужності джерел забруднення, типу міського ландшафту, кліматичних, геоморфологічних, геологічних, гідрологічних умов та інших умов в сучасних ГІС використовується широкий спектр детермінованих та стохастичних моделей — від стандартних методів математичної статистики, регресійного аналізу до методів і технологій нейронних мереж, експертних систем, нечіткої класифікації та нечіткої логіки.

В останні роки спостерігається тенденція зростання інтересу фахівців в сфері моделювання складних систем саме до застосування нейромережних технологій, генетичних алгоритмів та методів нечітких множин і нечіткої логіки, які узагальнено визначаються як когнітивні технології. Це пояснюється тим, що завдання еколого-економічного моделювання як мультифакторні,

мультиструктурні та мультифункціональні належать до класу слабоформалізованих та складноструктурованих завдань.

Для вирішення слабкоструктурованих завдань з відносним характером інформації, що аналізується, ліпше використовувати експертні знання, ніж вишукані складні математичні моделі.

Ефективним компромісом для моделювання слабоформалізованих завдань є застосування методів нечіткої логіки, які дозволяють одержувати рішення, хоча й наближені, але не гірші, ніж при використанні точних і складних методів моделювання.

Традиційно, в практиці вирішення завдань містобудівного, економічного та еколого-економічного оцінювання міської території професійні експерти (проектувальники, економісти, географи, оцінювачі та інш.) вже давно використовують аналогічний підхід для подолання складнощів (багатофакторності, різновимірності та різнотипності шкал кількісних та якісних показників) в кваліметричних, екологічних, економічних та інших завдань містобудівного проектування, що пов'язана з оцінюванням якості міського середовища. На певному етапі здійснюється перехід від чітких значень та якісних оцінок окремих факторів до лексичних змінних щодо кількісних характеристик повної потужності, корисної потужності та втраченої потужності речовино-енергетичних, інформаційних потоків, наприклад: критична кількість, середня кількість, не критична кількість. Для кількісного моделювання переходять до бальних оцінок кожної категорії, а інтегрований індекс розраховується як сума зважених бальних оцінок.

У випадку застосування нечітких множин та нечіткої логіки, замість бальної оцінки для кожного показника необхідно задати функцію належності, яка перетворює чітке значення або порядкову шкалу оцінки в значення належності оцінюваного об'єкта (процесу, явища) до певної категорії. Доменом значень нечіткої оцінки належності є інтервал дійсних чисел від 0 до 1.

Зокрема, це стосується й використання геоінформаційних моделей для нечіткого оцінювання впливу потенційних джерел забруднення, рекреаційних

об'єктів, соціальної інфраструктури тощо на якість середовища різних адміністративно-планувальних одиниць [21].

Застосування нечітких множин для оцінювання стану довкілля досліджувалося в працях [18, 20, 21, 24 -27, 30, 31]. В роботах Лященко А. А. [18, 20] розглядається застосування GRID-моделей та нечітких оцінок впливу для врахування екологічних факторів в складі нормативної грошової оцінки, де приводяться приклади функцій бажаності для різних складових техногенного навантаження. Процедура оцінки впливу на навколишнє середовище із застосуванням функцій Харрінгтона розглядається в статті [28] з обґрунтуванням функцій бажаності для оцінювання впливу фізичних факторів на різні компоненти довкілля з урахуванням територіального рівня впливу (локальний, місцевий, регіональний), інтенсивності впливу та його протяжності в часовому вимірі. Методи нечітких множин застосовуються і у відкритих засобах оцінювання якості середовища, наприклад, в InVEST Habitat Quality [30], де оцінюються зміни середовища існування та їх вплив на біорізноманіття. В моделі прийнято, що якість середовища існування залежить від близькості середовища існування до землекористувань людей та інтенсивності використання цих земель, застосовуються два варіанти розрахунку впливу землекористування або на основі лінійної функції, або на основі експоненціальної.

В праці Максимової Ю.С. [21] GRID модель та функції бажаності Харрінгтона застосовуються для оцінювання середовища з урахуванням забезпеченості території об'єктами соціальної інфраструктури, а також негативного впливу на довкілля промислових зон, транспортних магістралей та позитивного впливу зелених зон і водних об'єктів. Запропонований підхід до визначення часткових лінійних функцій бажаності з використанням шкали Харрінгтона з урахуванням категорій об'єктів впливу, зокрема для промислових зон за класами та розмірами санітарно-захисних зон (СЗЗ), а для зелених зон залежно від їх площі.

Аналіз публікацій останніх років показує, що використання GRID-моделювання та нечітких множин для оцінки впливу природних і антропогенних компонентів на довкілля досить широко застосовується для комплексного врахування різнорідних чинників впливу з відображенням їх числових значень в різних мірах на відносну шкалу часткових функцій бажаності за шкалою Харрінгтона [25] (рис. 1.3.), яка отримана емпірично на основі опрацювання великих обсягів даних у фінансовій, економічній та екологічній сферах.

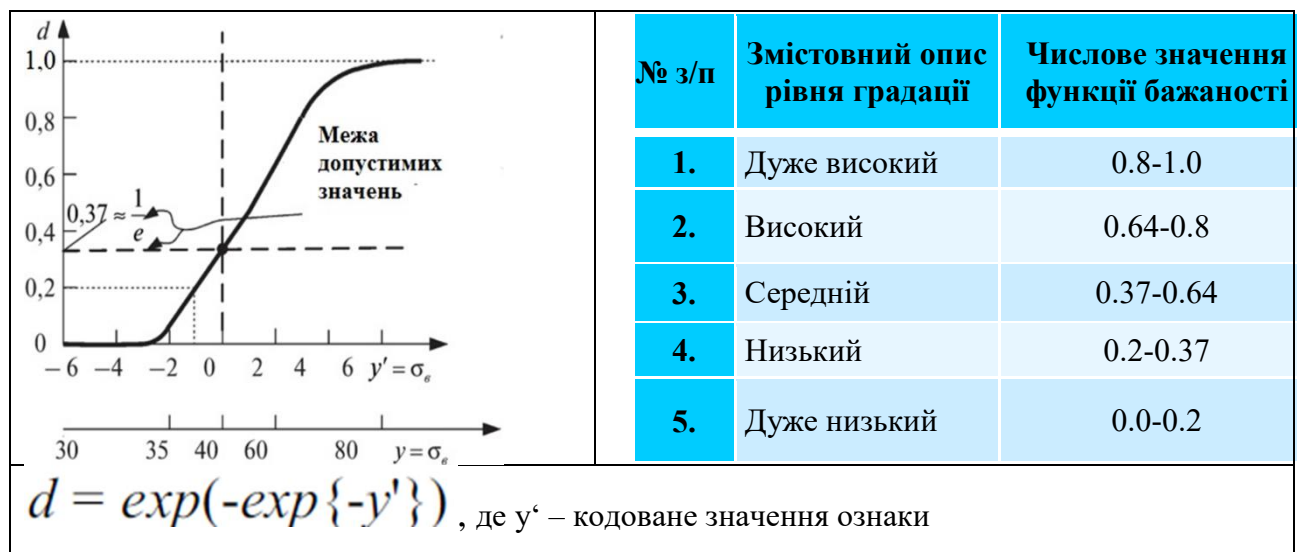


Рис. 1.3. Часткова функція бажаності та її числові значення за рівнями змістовної градації (шкала Харрінгтона)

Як видно із графіку функції бажаності в інтервалі $[-2; 5]$ функція бажаності практично лінійна. Ця особливість функції використовується при застосуванні функцій бажаності для оцінювання чинників в екологічній сфері. Зокрема, в [28] інтервал $[-2; 5]$ на осі часткових показників y' названо інтервалом ефективних значень. Шкала осі бажаності d ділиться в діапазоні від 0 до 1 на п'ять інтервалів, кожен з яких визначається експертами з нечіткими термами: $[0; 0,2]$ – «дуже погано», $[0,2; 0,37]$ – «погано», $[0,37; 0,63]$ – «задовільно», $[0,63; 0,8]$ – «добре», $[0,8; 1]$ – «дуже добре».

При визначенні часткових функцій бажаності конкретні значення чинників у відповідних одиницях виміру розподіляються (відображаються) на інтервал ефективних значень шкали часткових показників функції бажаності за певними правилами (умовами) нормалізації. Таким чином, значення чинників у певних

одиницях виміру перетворюються на значення інтервалу визначення функції Харрінгтона. Порівняння значень ступеня впливу для кожного параметра оцінюється функцією Харрінгтона за розробленими критеріями. Кожен критерій ґрунтується на практичному досвіді експертів та результатів, отриманих під час виконання подібних проектів в певній предметній сфері [28].

Для природного середовища значення функцій бажаності, зазвичай, приймається не в інтервалі $[0; 1]$, а в інтервалі від певного d_{min} до значення в інтервалі $[0,8; 1]$. Це пов'язано з тим, що, на відміну від соціальної сфери, будь-яка діяльність матиме вплив на природне середовище як і кожний об'єкт впливу не має нульової інтенсивності впливу або беззаперечно найвищої оцінки впливу, яка відповідала б значенню 1.0.

Нульовий ефект буде тільки за відсутності технічної діяльності або впливу, пов'язаного з природною мінливістю. Тому для комплексної оцінки впливу антропогенних та природних об'єктів на міське середовище використовується мультиплікативна (мультиплікаційна) методологія розрахунків. У разі використання часткових функцій бажаності зі шкалою Харрінгтона для оцінювання впливу окремих чинників, комплексна оцінка подається інтегрально функцією бажаності D як геометричного середнього для значень n часткових функцій бажаності d_i :

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} \quad (1.1)$$

При цьому значення $d=0$ ($D=0$) відповідає абсолютно неприйнятному значенню функції бажаності, а $d=1$ ($D=1$) – найкращому значенню функції бажаності, причому подальше його поліпшення або неможливе, або серйозно нас не цікавить. Можна сказати, що функція бажаності як оцінка якості довкілля є оберненою до функції забруднення.

Приклади варіантів визначення часткових функцій бажаності як за фізичними показниками, так і за відстанню до об'єкта впливу, що запропоновані в [20] подано на рис. 1.4.

Визначення функцій бажаності для основних техногенних факторів			
Функція бажаності за станом атмосферного повітря з порядковою шкалою забруднення			
Номінальна шкала	Порядкова шкала забруднення	Значення $\mu(x)$ у точках порядкової шкали	Вид функції бажаності $\mu(x)$
Умовно чисте повітря	0,1 ГДК	1,0	$\mu(x) = \frac{1}{1 + e^{4(x-0,8)}}$ де x – рівень забруднення повітря, ГДК
Допустиме	0,1-0,7 ГДК	0,9	
Забруднене	0,7-1,0 ГДК	0,7	
Дуже забруднене	1,0-4,0 ГДК	0,4	
Критичний стан	4,0 ГДК	0,1	
Функція бажаності за рівнем шуму з порядковою шкалою			
Допустимий рівень	до 20 дБ	1,0	$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 20 \\ \frac{1}{(e^x)^{13}} - 1, & 20 < x \leq 90 \\ 0,1, & x > 90 \end{cases}$ де x – рівень шуму, дБ
Умовно допустимий	20-40 дБ	0,7	
Високий	40-90 дБ	0,4	
Критичний	понад 90 дБ	0,1	
а) приклади визначення функції бажаності для оцінювання стану довкілля в залежності фізичними показниками чинників впливу [20]			
Функція бажаності за відстанню об'єкта до санітарно-захисних зон підприємств			
У зоні	до 500 м	0,1	$\mu(x) = \begin{cases} 0,1, & x \leq 500 \\ \frac{x}{1925}, & 500 < x < 1500 \\ 1, & x \geq 1500 \end{cases}$ де x – відстань до санітарно-захисної зони, м
Близько	500-1000 м	0,5	
Неподалік	1000-1500 м	0,8	
Далеко	понад 1500 м	1,0	
Функція бажаності за близькістю розміщення об'єкту до зелених зон та місць рекреації			
Дуже близько	менше 500 м	1,0	$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 500 \\ \frac{450}{x}, & 500 < x < 2000 \\ 0,1, & x \geq 2000 \end{cases}$ де x – відстань до місць рекреації, м
Близько	500-1000	0,5	
Далеко	1000-2000	0,3	
Дуже далеко	понад 2000 м	0,1	
б) приклади визначення функції бажаності для оцінювання впливу об'єктів на довкілля в залежності від відстані до об'єктів [20]			
в) приклад функції бажаності для оцінювання негативного впливу об'єктів на довкілля		г) приклад функції бажаності для оцінювання позитивного впливу об'єктів на довкілля	

Рис. 1.4. Приклади варіантів визначення функцій бажаності для оцінювання впливу на довкілля чинників з різною метрикою та змістом

1.3 Постановка задачі дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища

Зважаючи на поширеність та ефективність застосування нечітких множин для оцінювання стану довкілля, в магістерській роботі досліджуються геоінформаційні моделі, в яких обчислюється поверхня інтегральної функції бажаності Харрінгтона (1.2) на основі часткових функцій бажаності (ФБ), які застосовуються для оцінювання впливу антропогенних і природних чинників на якість міського середовища.

Для моделювання поверхні як інтегральної, так і як часткових функції бажаності доцільно дослідити два варіанти просторових моделей, використання яких найчастіше зустрічаються в публікаціях та в практичній діяльності:

- 1) GRID модель території;
- 2) модель полігонального покриття, яке репрезентує сукупність об'єктів оціночного районування території населеного пункту (НП).

Далі, для узагальнення будемо розглядати оціночні райони (ОЦР) як певний клас, до якого можуть належати підкласи об'єктів планувальної структури території НП, наприклад: квартали, функціональні зони, оціночні райони для грошової оцінки земель міста та інше. Конкретні підкласи використовуються в залежності від мети оцінювання якості довкілля та завдань проєкту, наприклад: екологічна стратегічна оцінка, просторове планування, грошова оцінка земель чи нерухомості тощо.

За результатами публікацій [20, 21] доцільно дослідити два основних варіанти моделюванні часткових функцій бажаності:

- 1) використання часткових функцій бажаності для об'єктів певного класу (прикладі функцій цього типу розглянуто в [20], а деякі з них подано на рис. 1.4);
- 2) використання часткових функцій бажаності лінійного виду, але з коефіцієнтами, що залежать від категорії об'єктів впливу залежно від їх потужності або інтенсивності впливу, наприклад, від класу та розміру санітарно-захисної зони (СЗЗ) для підприємств чи від площі зелених зон або водних об'єктів [21].

Як уже зазначалося, обчислення як часткових, так й інтегральної функцій бажаності можна комбінувати з полігональними та GRID моделями території. Для кожного ОЦР комплексна оцінка подається індексом якості довкілля як відношення оцінки якості ОЦР до середньозваженої для міста.

У разі використання GRID моделі часткові та інтегральна функції бажаності обчислюються для кожної чарунки регулярної сітки з кроком 25 або 50 м залежно від площі території міста. Значення інтегральної функція бажаності для ОЦР та міста визначається як середнє значень функцій бажаності усіх чарунок, що перетинаються з полігонами відповідно ОЦР та міста. Індекс якості довкілля ОЦР обчислюється як відношення значень інтегральних функцій бажаності ОЦР до середнього значення цього показника для міста.

Зміст основного завдання дослідження полягає в реалізації в середовищі об'єктно-реляційної СКБД PostgreSQL/PostGIS прикладних SQL функцій для геоінформаційного моделювання ОЯМС за двома варіантами визначення часткових функцій бажаності оцінювання впливу антропогенних та природних об'єктів на якість довкілля в поєднанні з GRID та полігональними моделями поверхні інтегрованої функції бажаності ОЯМС (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Варіанти функцій геоінформаційного моделювання ОЯМС, що розробляються та досліджуються в магістерській роботі

Умовна назва прикладної функції	Варіанти просторової моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС		Варіанти часткових функцій бажаності для оцінювання впливу антропогенних і природних об'єктів на якість довкілля	
	GRID	Полігональне покриття ОЦР	Часткові ФБ для класів об'єктів	Часткові ФБ для категорій об'єктів
_grid_eval	*	-	*	-
_grid_eval_k	*	-	-	*
_ocr_eval		*	*	
_ocr_eval_k		*		*

Таким чином, реалізації підлягають чотири варіанти прикладних функцій геоінформаційного моделювання в залежності від просторової моделі поверхні

інтегральної функції бажаності та варіантів визначення часткових функцій бажаності для оцінювання впливу об'єктів на якість довкілля.

Аналіз результатів моделювання виконується на прикладі м. Дрогобич, на території якого проявляється вплив багатьох підприємств, в доступності є набори геопросторових даних та результати експертного визначення індексів якості довкілля оціночних районів в проєкті нормативної грошової земель.

1.4 Структура, завдання та обмеження проєкту

Структура роботи (рис. 1.6) відповідає послідовності етапів виконання.

Розділ 1	1.1	Аналіз нормативно-правового забезпечення оцінювання якості міського середовища	<i>Визначено основні вимоги нормативних документів до змісту та процедури ОЯМС</i>
	1.2	Огляд сучасних публікацій та класифікація геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	<i>Ідентифікація основних тенденцій в розвитку геоінформаційних моделей ОЯМС</i>
	1.3	Постановка задачі дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	<i>Обґрунтовано варіанти геоінформаційних моделей, що досліджуються в АРМ</i>
	1.4	Структура, завдання та обмеження проєкту	<i>Структура, послідовність етапів та обмеження роботи</i>
Розділ 2	2.1	Структурно-функціональна модель ГІС оцінювання якості міського середовища	<i>Структурно-функціональна модель ГІС ОЯМС</i>
	2.2	Концептуальна модель БГД ГІС оцінювання якості міського середовища	<i>Концептуальна модель БГД ОЯМС</i>
	2.3	Каталог класів об'єктів БГД ГІС оцінювання якості міського середовища	<i>Каталогу класів об'єктів БГД ОЯМС</i>
	2.4	Розроблення алгоритмів прикладних функцій оцінювання якості міського середовища в ГІС	<i>Алгоритми функцій для чотирьох моделей ОЯМС</i>
Розділ 3	3.1	Технологічна схема обчислювального експерименту	<i>Технологічна схема</i>
	3.2	Склад вихідних геопросторових даних на дослідну територію	<i>Характеристика вихідних даних на територію м. Дрогобич</i>
	3.3	Логічна модель БГД ГІС ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS	<i>Логічна модель БГД ОЯМС</i>
	3.4	Схеми реалізації прикладних SQL-функцій для ГІС ОЯМС	<i>Тексти прикладних SQL-функцій</i>
	3.5	Аналіз результатів обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС	<i>Оцінка отриманих результатів в порівнянні з базовою моделлю</i>
Висновки	В	Аналіз результатів	<i>Загальні висновки АРМ</i>

Рис.1.6. Структура роботи із стислим змістом результатів окремих етапів

Логічність структури роботи підтверджується тим, що результати перших розділів використовуються як база для виконання етапів наступних розділів. На основі аналізу нормативно-правового та геоінформаційного забезпечення оцінювання якості міського середовища визначені джерела були сформовані вимоги до геоінформаційної системи оцінювання якості міського середовища (ГІС ОЯМС).

За результатами першого розділу в другому розділі розроблено структурно-функціональну модель ГІС ОЯМС, концептуальну модель бази геопросторових даних та алгоритми прикладних функцій ОЯМС.

В третьому розділі подано технологічну схему проведення обчислювального експерименту з дослідження чотирьох варіантів геоінформаційних моделей ОЯМС на прикладі території міста Дрогобич. Виконано порівняльний аналіз індексів якості довкілля ОЦР м. Дрогобич, обчислених за чотирма варіантами інтегральних функцій бажаності Харрінгтона як ОЯМС, з результатами експертного оцінювання ОЦР для нормативної грошової оцінки земель. Проведено статистичний аналіз відхилень чотирьох варіантів індексів довкілля ОЦР в порівнянні з експертним та в порівнянні між парами окремих варіантами. Узагальнено результати порівняння та сформульовано рекомендації щодо застосовності та обмежень досліджених геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища.

До обмежень проекту можна віднести:

реалізацію прикладних SQL-функцій в середовищі ОР СКБД PostgreSQL/PostGIS, що обмежує їх ефективне використання лише в інструментальних ГІС, інтегрованих з цією СКБД;

досліджено лише клас геоінформаційних моделей ОЯМС із застосуванням часткових та інтегральної функцій бажаності Харрінгтона в комбінації з GRID та полігональними моделями території;

отримані результати та висновки роботи ґрунтуються на прикладах геоінформаційного моделювання ОЯМС м. Дрогобич.

Висновки до розділу 1

1. Якість міського середовища визначається якістю його складових: антропогенного, природного та соціального середовищ. Оцінювання якості міського середовища належить до важливих завдань управління сталим розвитком території, основними складовими якого є поєднання інтересів суспільства, економіки та екології.

2. Застосування ГІС для моделювання прояву та впливу антропогенних і природних чинників на міське середовище в містобудівній, природоохоронній і землевпорядній діяльності пояснюється значимістю просторової складової у моделях розташування джерел забруднення та полів прояву і впливу антропогенних і природних об'єктів на якість міського середовища.

3. Ефективність застосування ГІС для оцінювання якості міського середовища залежить від адекватності геоінформаційних моделей процесам і явищам, що відбуваються та взаємодіють на території, а також від гнучкості цих моделей стосовно адаптування до неповних та різночасових вихідних даних про територію і джерела забруднення.

4. Зважаючи на потребу у врахуванні при оцінюванні якості міського середовища багатьох чинників, прояв та вплив яких визначається в різних системах одиниць вимірювання, в моделях оцінки як правило застосовуються експертні методи, методи нечітких множин та функції бажаності, що ґрунтуються на шкалі Харрінгтона для оцінювання впливу окремих чинників.

5. Обґрунтовано, що основним завданням магістерської роботи є реалізація та дослідження в середовищі ОР СКБД геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням двох варіантів функцій бажаності Харрінгтона для моделювання впливу антропогенних і природних об'єктів на якість міського середовища в поєднанні з GRID та полігональними просторовими моделями території міста.

Розділ 2

**МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ
МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконала		Запорожець О.В.			Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив.		Лященко А.А.					1	24
Керівник		Лященко А.А.				КНУБА, група ГСТ-61		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1 Структурно-функціональна модель ГІС оцінювання якості міського середовища

В структурно-функціональній моделі ГІС оцінювання якості міського середовища (ГІС ОЯМС) (рис.2.1.) визначено основні компоненти системи, які використовуються на етапах ОЯМС в середовищі інструментальної ГІС та СКБД, в якій створюється база геопросторових даних про територію міста, антропогенні та природні об'єкти, що впливають на довкілля, та результати геоінформаційного моделювання ОЯМС.

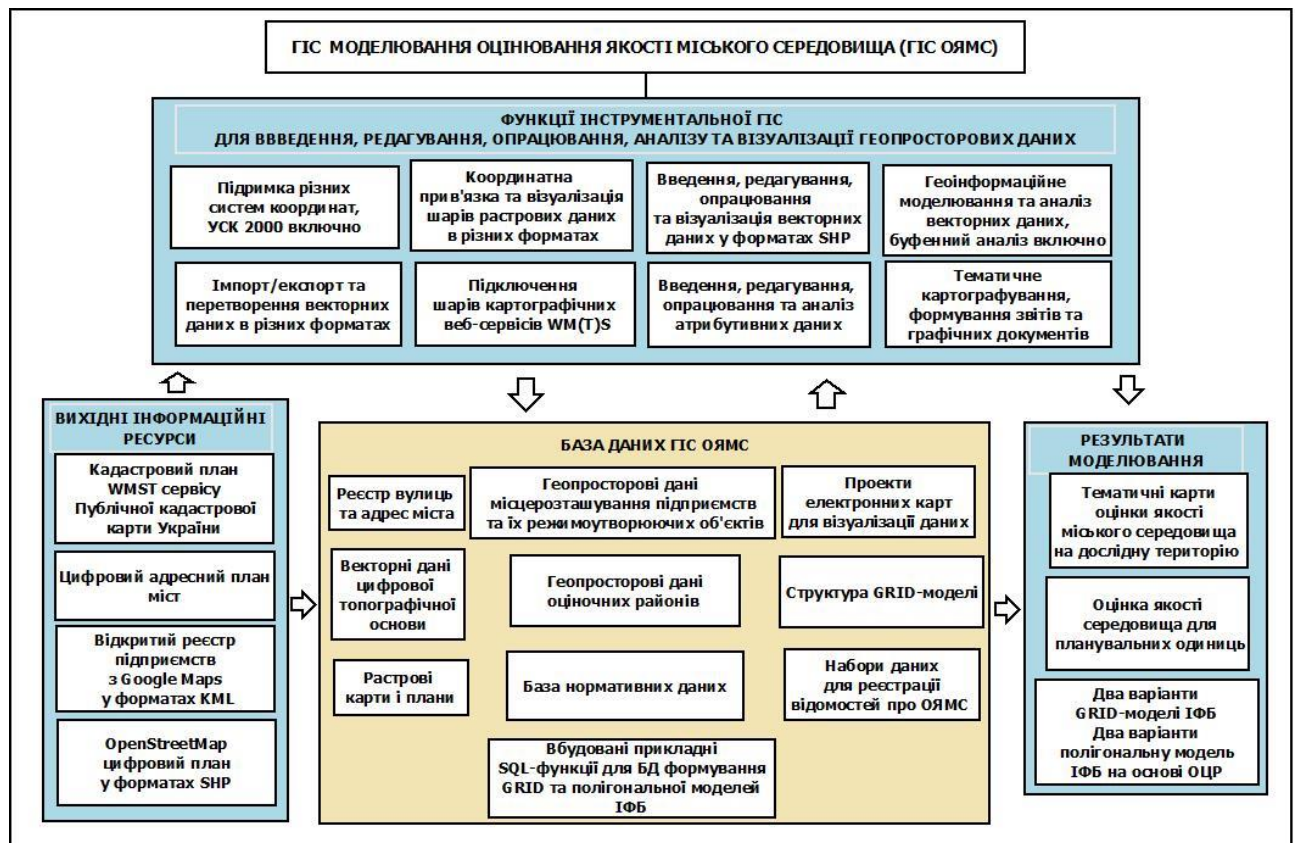


Рис.2.1. Структурно-функціональна модель ГІС ОЯМС

ГІС ОЯМС ґрунтується на використанні функцій інструментальної ГІС та СКБ, а її прикладна орієнтація характеризується вмістом бази даних та прикладними функціями та сценаріями цільового використання базових функцій ГІС для створення, наповнення, та використання бази даних для ОЯМС, відображення та аналізу результатів.

До основних компонентів бази даних ГІС ОЯМС належать:

- векторні дані цифрової топографічної основи;
- растрові карти і плани;
- реєстр вулиць та адрес міста;
- геопросторові дані місцезнаходження підприємств та їх режимоутворюючих об'єктів;
- набори даних для реєстрації відомостей про ОЯМС;
- проекти електронних карт для візуалізації даних;
- GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС;
- прикладні SQL функції геоінформаційного моделювання ОЯМС.

Зважаючи на вихідні інформаційні ресурси, які використовуються для створення БГД, та технологічну схему дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС, в структурно-функціональній моделі ГІС ОЯМС ідентифіковано використання таких базових функцій інструментальної ГІС:

підтримки різних систем координат, для інтегрування даних з різних джерел та в різних системах координат;

координатної прив'язки та візуалізації растрових даних у різних форматах; імпорт/експорт та перетворення даних в різних форматах;

підключення шарів із різних зовнішніх картографічних веб-сервісів;

введення, редагування, опрацювання та візуалізації векторних даних у форматах SHP;

введення, редагування, опрацювання та аналіз атрибутивних даних про територію міста та об'єкти, що впливають на якість довкілля;

геоінформаційного моделювання та аналізу векторних даних;

тематичного картографування, формування звітів та графічних документів за результатами оцінки якості міського середовища.

2.2 Концептуальна модель БГД ГІС оцінювання якості міського середовища

Концептуальне моделювання систем і даних належить до однієї з найважливіших складових розроблення інформаційних систем різного призначення. Концептуальні моделі даних застосовуються для повноцінного та узгодженого проектування всіх інших компонентів системи. В концептуальній моделі подаються склад об'єктів бази даних, атрибути об'єктів та логічні зв'язки між об'єктами. Для розроблення концептуальної моделі використовуються спеціальні мови та програмні засоби їх підтримання. Поміж цих мов в сучасних системах найчастіше застосовується уніфікована мова моделювання UML, графічні нотації якої забезпечують чітке та повне подання концептуальної моделі бази даних, що легко сприймається як майбутніми користувачами системи, так і програмістами, що реалізують систему. Вимоги до розроблення концептуальних визначено в міжнародних стандартах серії ISO 19110 та гармонізованому з ними національному стандарті ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних [17]. Поміж принципів розроблення концептуальних моделей варто наголосити на принципі 100% концептуалізації, який полягає в тому, що концептуальна модель має містити усі класи об'єктів з повним набором атрибутів, які підлягають реалізації.

На концептуальному рівні ГІС ОЯМС можна подати як обробну систему $S = \{GDB, DF, FGIS, PS, RE\}$, до складових якої належать:

$GDB = \{TO, OE, OI\}$ – база геопросторових даних (рис. 2.2) з наборами даних: цифрової топографічної основи (TO), моделей об'єктів оцінювання (OE), моделей об'єктів впливу на довкілля (OI);

DF – набір часткових функцій бажаності, що застосовуються для оцінювання впливу антропогенних та природних об'єктів на якість міського середовища;

$FGIS$ – базові функції ГІС для просторового аналізу та моделювання просторових відношень;

PS – програми (прикладні функції або сценарії) оцінювання, в яких задається послідовність використання DF та FGIS до множини моделей просторових об'єктів OE, OI для оцінювання якості міського середовища;

RE – результати оцінювання, які подаються значеннями часткових та інтегральних функцій бажаності та значенням індексів стану довкілля для об'єктів OE.

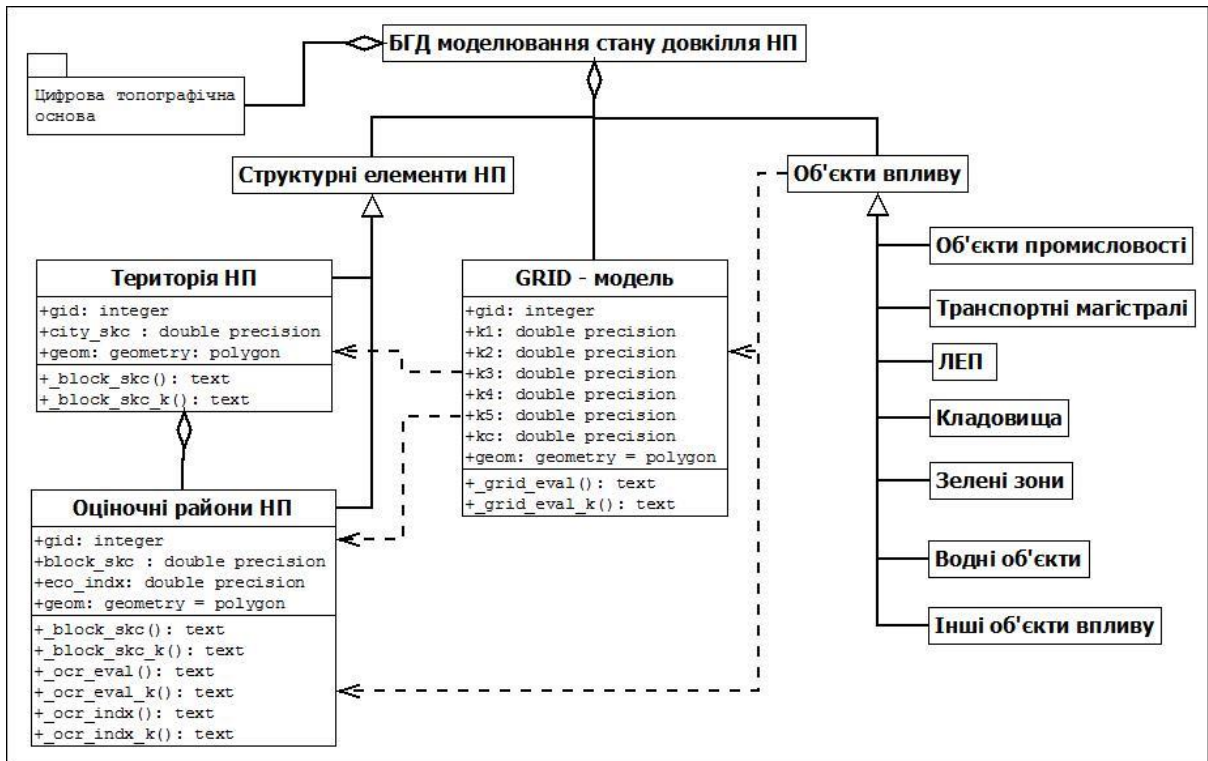


Рис. 2.2. Узагальнена концептуальна модель бази геопросторових даних з прикладними функціями оцінювання якості міського середовища, що розробляються та досліджуються магістерській роботі

Практична частина дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС буде найповніше відповідати узагальненій концептуальній моделі БГД (рис. 2.2) у разі її реалізації в середовищі об'єктно-реляційної СКБД. Це забезпечується можливістю розроблення програмних засобів ОЯМС за технологією вбудованих функцій, які є об'єктами бази даних та моделюють поведінку відповідних класів об'єктів БГД.

На UML діаграмі узагальненої концептуальної моделі БГД ці функції показано як функції-методи для таких класів об'єктів: *GRID-модель*, *Територія НП* та *Оціночні райони НП*. Функції-методи класу *GRID-модель* *_grid_eval* та

_grid_eval_k призначені для обчислення GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності як оцінки якості міського середовища з використанням відповідно двох варіантів часткових функцій бажаності для визначення впливу об'єктів на якість довкілля в кожній чарунці сітки, а саме: 1) загальних для кожного класу об'єктів впливу (функція *_grid_eval*) та 2) з урахуванням категорії об'єктів за інтенсивністю впливу(функція *_grid_eval_k*). Аналогічно, функції-методи класу *Оціночні райони* *_ocr_eval* та *_ocr_eval_k* призначені для обчислення значень двох варіантів моделі поверхні інтегральної функції бажаності як полігонального покриття оціночних районів відповідно за частковими функціями бажаності для класів та для категорій об'єктів впливу.

В деталізованій концептуальній моделі бази геопросторових даних ГІС оцінки якості міського середовища (рис.2.3.) визначено цільові класи геопросторових об'єктів, що використовуються та/або створюються в результаті ОЯМС, а також основні об'єкти цифрової топографічної основи, що використовуються при створенні бази даних цільових об'єктів ГІС ОЯМС.

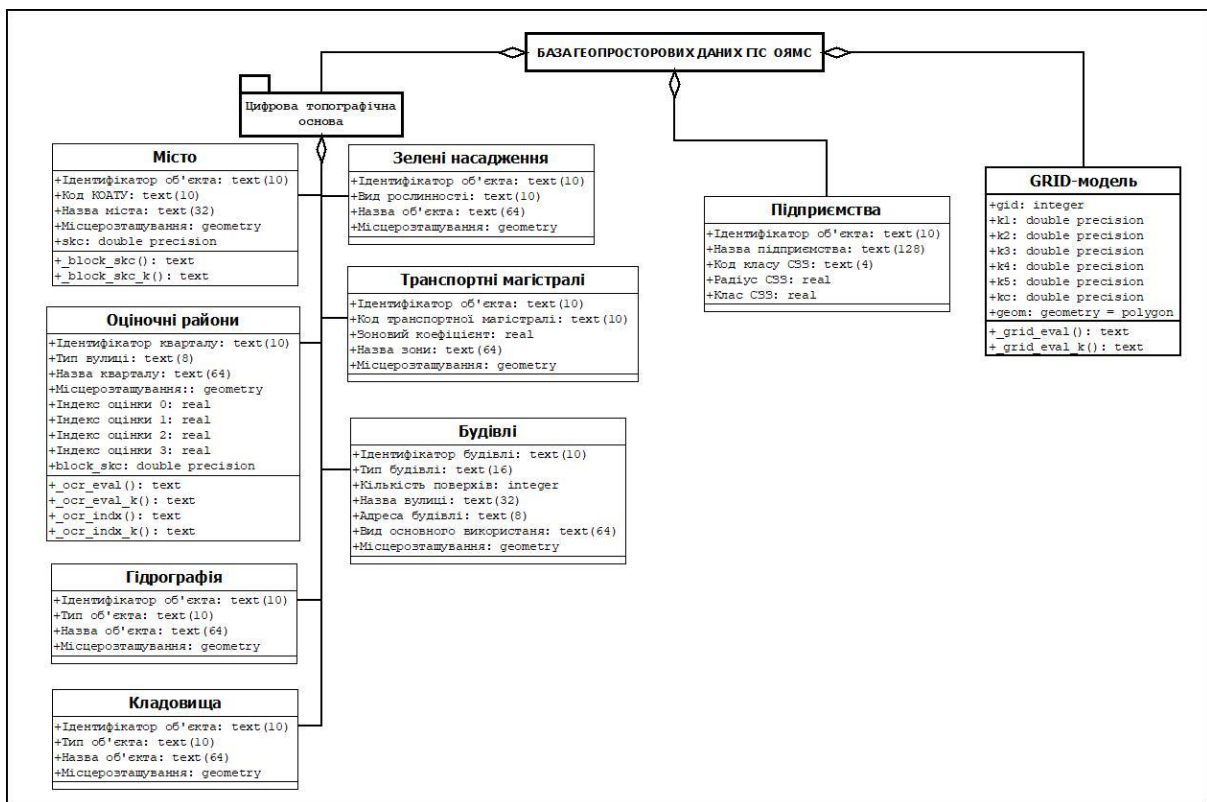


Рис. 2.3. UML діаграма концептуальної моделі БГД ГІС ОЯМС з деталізацією класів об'єктів, що використовуються в дослідженні

До основних об'єктів моделі належать:

місто, квартали та оціночні райони як структурні об'єкти території для яких визначається індекс якості міського середовища;

водні об'єкти та зелені зони, які використовуються для моделювання позитивного впливу природних об'єктів на якість міського середовища;

підприємства, кладовища та санітарно-захисні зони навколо них для оцінювання негативного впливу антропогенних об'єктів на якість міського середовища;

будівлі, вулиці та шляхи, які застосовуються як допоміжні джерела оцінного районування території.

В концептуальній моделі також зазначено як окрему цільову сутність «GRID-модель», яка використовується як основа для дискретного моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС за найближчим сусідством чарунок до об'єктів впливу у функції *_grid_eval* та за найближчим сусідством чарунок до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів за інтенсивністю впливу у функції *_grid_eval_k*.

Цільовий клас об'єктів *Оціночні райони*, як уже зазначалося, використовується для полігональної поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС за найближчим сусідством ОЦР до об'єктів впливу у функції *_ocr_eval* та за найближчим сусідством ОЦР до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів за інтенсивністю впливу у функції *_ocr_eval_k*.

Класи об'єктів *Оціночні райони* та *Межа міста* використовуються у всіх варіантах моделювання ОЯМС для визначення індексів якості довкілля ОЦР з подальшим порівнянням їх значень з індексами якості довкілля ОЦР, отриманих за експертним методом в проєкті нормативної грошової оцінки м. Дрогобич.

2.3 Каталог класів об'єктів БГД ГІС ОЯМС

Згідно ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних [17] каталог класів об'єктів є обов'язковою компонентою специфікації геопросторових даних, оскільки в ньому докладно описуються усі

класи об'єктів, атрибути об'єктів з типами даних та доменами значень. Як зазначається у [19] каталог класів об'єктів описує фактично онтологічну модель предметної сфери, оскільки в ньому подаються назви, визначення класів об'єктів і атрибутів та асоціації між ними. Вимоги до структури і змісту каталогу класів об'єктів визначено ДСТУ 8774:2018 [17] та в міжнародному стандарті ДСТУ ISO 19110:2017 (ISO 19110:2016, IDT) Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів [16]. Зокрема визначено такі загальні правила каталогізації:

1) кожен тип об'єкта в каталозі ідентифіковано назвою та описом на природній мові, а також літерно-цифровим кодом, який є унікальним в межах каталогу;

2) атрибути об'єктів ідентифіковано і визначено для кожного типу об'єкта;

3) код значення атрибута є унікальним в межах опису атрибута об'єкта місцевості, в якого є список можливих значень;

4) асоціації об'єктів місцевості в каталозі названо та визначено; кожен асоціацію об'єкта потрібно ідентифікувати літерно-цифровим кодом, який є унікальним в межах каталогу; визначаються назви та ролі типів об'єктів місцевості, які беруть участь в асоціації.

Згідно із цими вимогами у каталозі об'єктів БГД ГІС ОЯМС подано описи класів цільових об'єктів та їх атрибути. Приклад фрагменту каталогу з описом класу Оціночні райони подано в табл. 2.1.

Кожний об'єкт в базі геопросторових даних ГІС характеризується унікальним системним ідентифікатором `gid`, який призначений для реалізації усіх видів відношень як між складовими моделі екземпляру в БГД, так і з можливими тематичними розширеннями характеристик об'єкта в інших базах або наборах даних.

Для кожного атрибута подаються:

– ідентифікатор;

– повна назва;

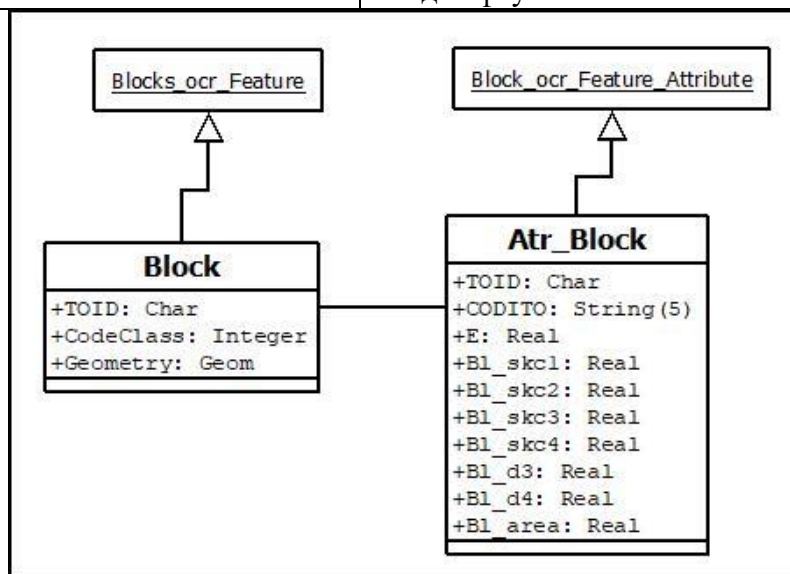
– визначення атрибута як характеристики об'єкта;

- тип даних для значення атрибуту (числовий цілий, числовий дійсний, текстовий, дата тощо);
- статус (основний, умовний, неосновний);
- код атрибута, утворений від коду групи, порядкового номеру класу в групі та номеру атрибуту в класі.

Таблиця 2.1

Опису класу об'єктів *Оціночні райони* в каталозі об'єктів БГД ГІС ОЯМС

Назва групи	Група об'єктів території
Назва класу	Оціночні райони для ОЯМС
Ідентифікатор класу	blocks_ocr
Код класу	02 01 02
Визначення	Об'єкт структуризації території міста з метою оцінювання якості міського середовища, виділений за переважним видом цільового використання та/або типом забудови та/або характеристиками ландшафту.



Каталог атрибутів

gid	Ідентифікатор об'єкта			
Визначення	Унікальний системний ідентифікатор об'єкта			
Тип даних	Integer	Статус	Основний	Код 02 01 02 01
Домен	Додатне ціле число, унікальне в межах класу об'єктів		Одиниця виміру	–
CODITO	Ідентифікатор ОЦР			
Визначення	Ідентифікатор ОЦР в програмно-методичному комплексі Терен ГІС для грошової оцінки земель міста			
Тип даних	String(5)	Статус	Основний	Код 02 01 02 02
Домен	Ідентифікатор оціночного району		Одиниця виміру	–

Е Індекс довкілля					
Визначення	Індекс довкілля ОЦР за експертною оцінкою				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 03
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–
Bl_sk1 Індекс довкілля ОЦР					
Визначення	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_block_skc ()</code> за GRID-моделлю функції бажаності найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу як відношення середнього значення функції бажаності ОЦР до середнього значення цього показника по місту				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 04
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–
Bl_sk2 Індекс довкілля ОЦР					
Визначення	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_block_skc_k()</code> за GRID-моделлю функції бажаності найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів впливу як відношення середнього значення функції бажаності ОЦР до середнього значення цього показника по місту				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 05
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–
Bl_sk3 Індекс довкілля ОЦР					
Визначення	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_ocr_indx ()</code> як відношення <code>bl_d3</code> до середньозваженого за площею значення цього показника для усіх ОЦР по місту				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 06
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–
Bl_sk4 Індекс довкілля ОЦР					
Визначення	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_ocr_indx_k ()</code> як відношення <code>bl_d4</code> на середньозваженого за площею значення цього показника для усіх ОЦР по місту				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 07
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–
Bl_d3 Значення інтегрованої функції бажаності					
Визначення	Значення інтегрованої функції бажаності для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу; обчислюється функцією <code>_ocr_eval ()</code>				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 08
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–
Bl_d3 Значення інтегрованої функції бажаності					
Визначення	Значення інтегрованої функції бажаності для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів; обчислюється функцією <code>_ocr_eval_k ()</code>				
Тип даних	Double precision	Статус	Основний	Код	02 01 02 08
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–

Bl_area	Площа ОЦР				
Визначення	Площа ОЦР				
Тип даних	Real	Статус	Основний	Код	02 01 02 08
Домен	Додатне дійсне число			Одиниця виміру	–

Статус атрибута визначає ступінь обов'язковості реєстрації його значень в БГД. Вирізняються такі значення статусу атрибуту: основний (“О”) – застосовано до характеристик об'єктів, що є обов'язковими для реєстрації в БГД МБК; умовний (“У”) – застосовано до атрибутів, реєстрація значень яких виконується за певних умов. Умова встановлена як питання. Якщо відповідь на питання позитивна, то атрибут повинен бути включений до БГД; неосновний (“Н”) – стосується атрибутів, реєстрація яких можлива в майбутніх розширеннях БГД за вимогами користувачів.

На основі розроблених концептуальної моделі геопросторових даних ГІС ОЯМС та каталогу класів об'єктів для БГД розроблено логічну модель даних з урахуванням їх реалізації в середовищі ОР СКБД PostgreSQL (див. п. 3.3).

2.4. Розроблення алгоритмів функцій геоінформаційного моделювання оцінки якості міського середовища

2.4.1 Загальна характеристика геоінформаційних моделей ОЯМС, що досліджуються

Згідно із сформульованою задачею (п.1.3) в магістерській роботі досліджуються чотири варіанти геоінформаційних моделей ОЯМС як комбінації поєднання двох варіантів визначення часткових функцій бажаності для оцінювання впливу антропогенних та природних об'єктів на якість довкілля та двох просторових моделей для подання інтегральної функції бажаності ОЯМС (GRID-моделі та моделі полігонального покриття оціночних районів) (табл. 2.2).

На основі чотирьох інтегральних функцій бажаності ОЯМС обчислюються чотири варіанти індексів якості довкілля ОЦР, які в подальшому аналізуються за методикою стандартної статистики відхилень значень індексів якості за варіантами моделювання та індексів якості ОЦР за експертною оцінкою, що виконувалася в проєкті нормативної грошової оцінки.

Геоінформаційні моделі ОЯМС середовища, що досліджуються

№ з/п	Назва моделі	Назва прикладних SQL функцій	Таблиці БГД, що використовуються	
			Вхідні	Вихідні
1.	Експертне оцінювання якості довкілля за системою бальних оцінок та визначення індексу якості довкілля оціночних районів (ОЦР) в проєкті нормативної грошової оцінки земель міста	ПМК Терен ГІС, результат надається як набір вхідних даних для порівняння	block_ocr	
2.	GRID – модель поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу	_grid_eval (), _block_skc ()	Таблиці об'єктів впливу	grid, br_city, blocks_ocr
3.	GRID – модель поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності підкласів об'єктів за категорії інтенсивності впливу	_grid_eval_k (), _block_skc_k ()	Таблиці об'єктів впливу з категоріями інтенсивності впливу	grid_k, br_city, blocks_ocr
4.	Полігональна модель покриття поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для класів об'єктів вплив	_ocr_eval () _ocr_indx ()	Таблиці об'єктів впливу	br_city, blocks_ocr
5.	Полігональна модель покриття поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності підкласів об'єктів за категорії інтенсивності впливу	_ocr_eval_k () _ocr_indx_k ()	Таблиці об'єктів впливу з категоріями інтенсивності впливу	br_city, blocks_ocr

2.4.2 Алгоритми формування GRID моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС

В роботі досліджуються алгоритми двох прикладних функцій формування GRID моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС, які

відрізняються наборами часткових функцій бажаності для врахування впливу антропогенних та природніх об'єктів на довкілля в кожній чарунці регулярної сітки. В алгоритмі функції *_grid_eval* (рис. 2.4) передбачається використання часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу (табл. 2.3), а в його модифікації для функції *_grid_eval_k* для моделювання впливу об'єктів використовуються часткові функції бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу, зокрема за класами санітарно захисних зон (СЗЗ) та їх розмірів для промислових об'єктів та за площею зелених насаджень для зелених зон (табл. 2.4)

Згідно з алгоритмом функції *_grid_eval* для GRID – моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС (рис.2.4) в основному циклі обчислювального процесу для усіх чарунок сітки за найближчим сусідством чарунок до об'єктів впливу обчислюються значення часткових функцій бажаності як оцінка впливу від об'єктів k-го класу (табл. 2.3) та інтегральної функції бажаності як середнє геометричне значень часткових функцій бажаності. Цьому відповідають такі блоки: k1 – нечітка оцінка впливу промислових підприємств; k2 – нечітка оцінка впливу кладовищ; k3 – нечітка оцінка впливу транспорту; k4 – нечітка оцінка впливу зелених зон; k5 – нечітка оцінка впливу водних об'єктів; ks – інтегральна оцінка i-ї чарунки.

Поміж класів об'єктів впливу до потенційних джерел забруднення належать: промислові підприємства, транспортні магістралі та кладовища. Значення оцінки негативного впливу для кожного виду джерел забруднення визначається відповідною функцією бажаності, яка моделює рівень впливу на довкілля за шкалою Харрінгтона в залежності від відстані чарунки сітки до джерела забруднення за правилом «чим ближче до забруднення тим гірше».

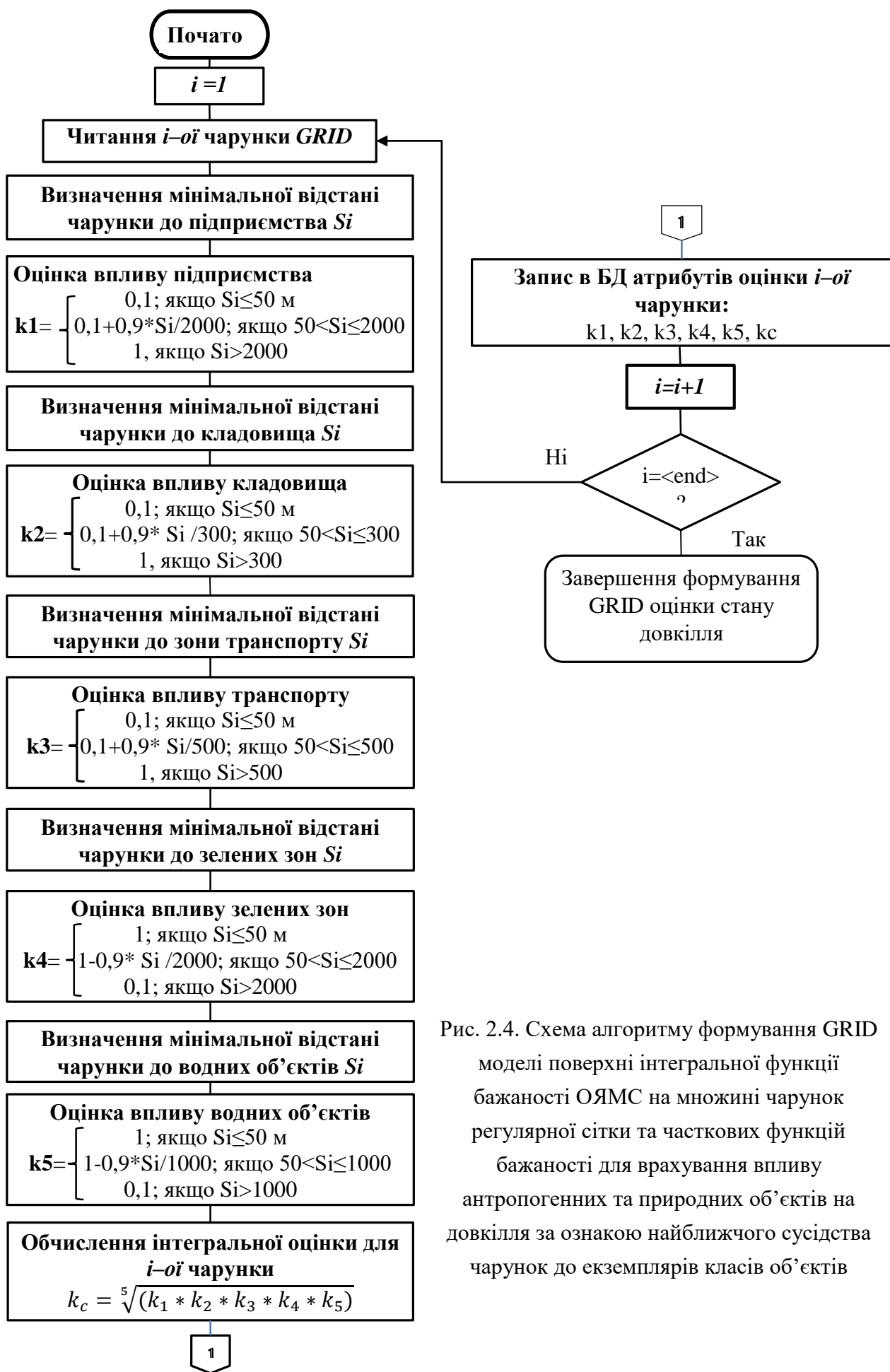


Рис. 2.4. Схема алгоритму формування GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС на множині чарунок регулярної сітки та часткових функцій бажаності для врахування впливу антропогенних та природних об'єктів на довкілля за ознакою найближчого сусідства чарунок до екземплярів класів об'єктів

Часткові функції бажаності для класів об'єктів впливу

Класи об'єктів	Функція бажаності	Графік функції бажаності групи/підгрупи
<i>Об'єкти негативного впливу</i>		
Промислові підприємства	$\text{Kofe1} = \left\{ \begin{array}{l} \text{if } si_1 \leq 25 \text{ then } 0.38, \\ \text{if } 25 < si_1 \leq 1000 \text{ then } \\ 0.38 + 0.52 * si_1 / 1000, \\ \text{if } si_1 > 1000 \text{ then } 0.9 \end{array} \right\}$	
Кладовища	$\text{Kofe2} = \left\{ \begin{array}{l} \text{if } si_2 \leq 50 \text{ then } 0.2, \\ \text{if } 50 < si_2 \leq 500 \text{ then } 0.2 + 0.8 * si_2 / 500, \\ \text{if } si_2 > 500 \text{ then } 1 \end{array} \right\}$	
Транспортні магістралі	$\text{Kofe3} = \left\{ \begin{array}{l} \text{if } si_3 \leq 25 \text{ then } 0.2, \\ \text{if } 25 < si_3 \leq 300 \text{ then } 0.2 + 0.7 * si_3 / 300, \\ \text{if } si_3 > 300 \text{ then } 0.9 \end{array} \right\}$	
<i>Об'єкти позитивного впливу</i>		
Зелені зони	$\text{Kofe4} = \left\{ \begin{array}{l} \text{if } si_4 \leq 50 \text{ then } 0.9, \\ \text{if } 50 < si_4 \leq 1000 \text{ then } 0.9 - \\ 0.52 * si_4 / 1000 \\ \text{if } si_4 > 1000 \text{ then } 0.38 \end{array} \right\}$	
Водні об'єкти	$\text{kofe5} = \left\{ \begin{array}{l} \text{if } si_5 \leq 50 \text{ then } 0.9, \\ \text{if } 50 < si_5 \leq 500 \text{ then } 0.9 - 0.52 * si_5 / 500 \\ \text{if } si_5 > 500 \text{ then } 0.8 \end{array} \right\}$	

Для зелених зон та водних об'єктів, які позитивно впливають на якість довкілля, значення часткової функції бажаності належить інтервалу $[0,38;0,9]$ та моделюються за правилом – «чим ближче до природнього, тим краще».

Після обчислення значення інтегральної функції бажаності ОЯМС виконується зберігання результатів моделювання для *i-i* чарунки в таблиці БГД *eco_grid*. Процес моделювання повторюється для усіх чарунок модельної сітки.

Алгоритм функції *_grid_eval_k* для GRID – моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС (рис. 2.5) аналогічний алгоритму *_grid_eval*, але в блоках оцінювання впливу промислових та зелених зон (*k1* та *k4* відповідно) використовуються часткові функції бажаності моделювання впливу за найближчим сусідством не до екземплярів класів об'єктів, а до екземплярів підкласів об'єктів, що виділяються у відповідності до категорій об'єктів за інтенсивністю потенціального впливу (табл.2.4).

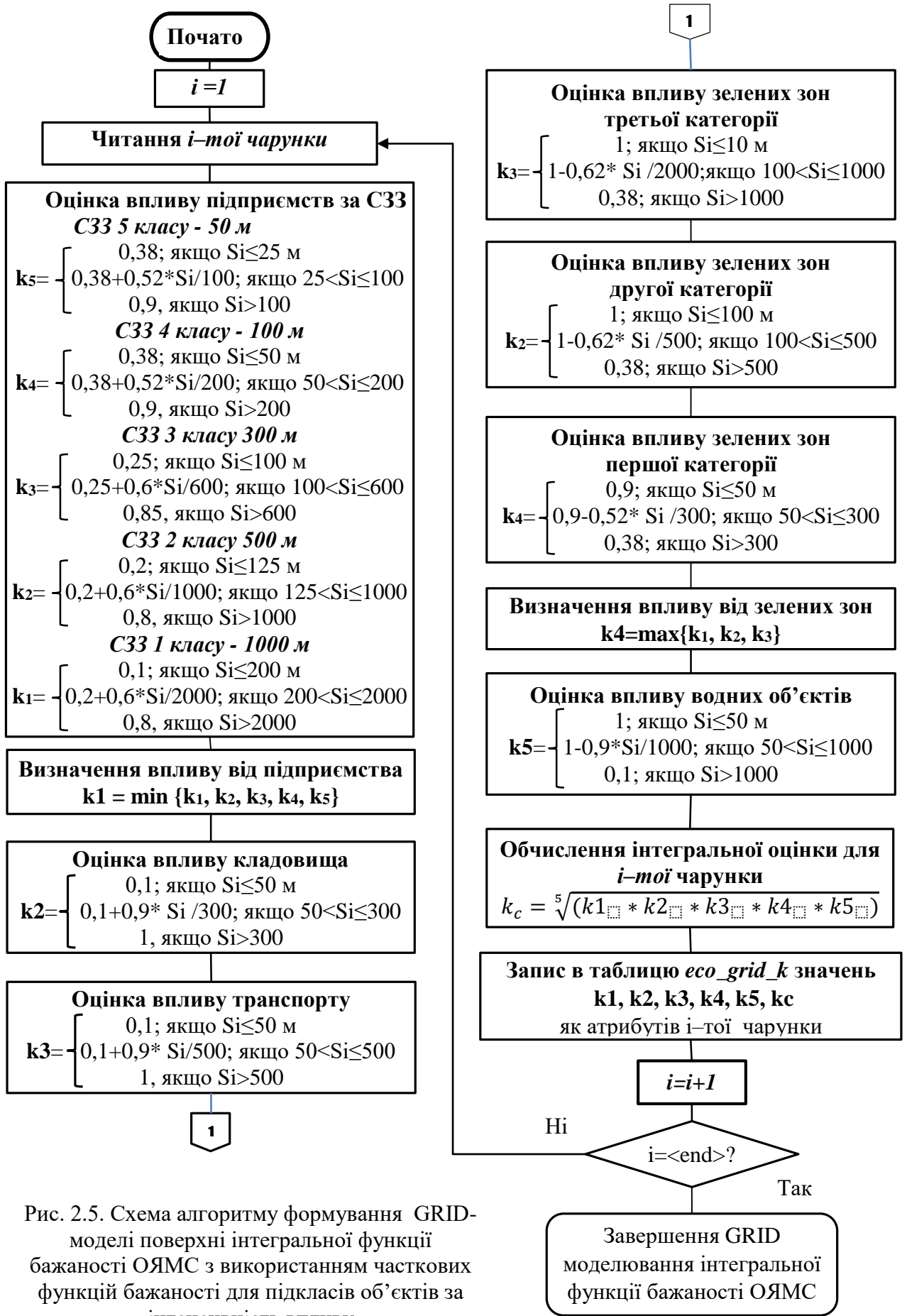


Рис. 2.5. Схема алгоритму формування GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для підкласів об'єктів за інтенсивність впливу

Часткові функції бажаності з урахуванням категорій об'єктів впливу для промислових підприємств і зелених зон

Класи та категорії об'єктів впливу	Функція бажаності	Графік функції бажаності групи/підгрупи
Об'єкти негативного впливу		
Промислові підприємства		
5 клас СЗЗ до 50 м	$Koef1 = \{ \text{if } si1 \leq 25 \text{ then } 0.38, \\ \text{if } 25 < si1 \leq 100 \text{ then } 0.38 + 0.52 * si1 / 100, \\ \text{if } si1 > 100 \text{ then } 0.9 \}$	
4 клас СЗЗ 50-100 м	$Koef = \{ \text{if } si1 \leq 50 \text{ then } 0.38, \\ \text{if } 50 < si1 \leq 200 \text{ then } 0.38 + 0.52 * si1 / 200, \\ \text{if } si1 > 200 \text{ then } 0.9 \}$	
3 клас СЗЗ 100 -300 м	$Koef = \{ \text{if } si1 \leq 100 \text{ then } 0.25, \\ \text{if } 100 < si1 \leq 600 \text{ then } 0.25 + 0.6 * si1 / 600, \\ \text{if } si1 > 600 \text{ then } 0.85 \}$	
2 клас СЗЗ 300 -500 м	$Koef = \{ \text{if } si1 \leq 125 \text{ then } 0.2, \\ \text{if } 125 < si1 \leq 1000 \text{ then } 0.2 + 0.6 * si1 / 1000, \\ \text{if } si1 > 1000 \text{ then } 0.8 \}$	
1 клас СЗЗ понад 1000	$Koef = \{ \text{if } si1 \leq 200 \text{ then } 0.1, \\ \text{if } 200 < si1 \leq 2000 \text{ then } 0.2 + 0.6 * si1 / 2000, \\ \text{if } si1 > 2000 \text{ then } 0.8 \}$	
Об'єкти позитивного впливу		
Зелені зони		
Категорія 1 площею до 1.5 га	$Koef4 = \{ \text{if } si4 \leq 100 \text{ then } 1, \\ \text{if } 100 < si4 \leq 1000 \text{ then } 1 - 0.2 * si4 / 1000, \\ \text{if } si4 > 1000 \text{ then } 0.38 \}$	
Категорія 2 площею від 1.5 га 10 га	$Koef = \{ \text{if } si4 \leq 100 \text{ then } 1, \\ \text{if } 100 < si4 \leq 500 \text{ then } 1 - 0.62 * si4 / 500, \\ \text{if } si4 > 500 \text{ then } 0.38 \}$	
Категорія 3 Понад 10 га	$Koef = \{ \text{if } si4 \leq 50 \text{ then } 0.9, \\ \text{if } 50 < si4 \leq 300 \text{ then } 0.9 - 0.52 * si4 / 300, \\ \text{if } si4 > 300 \text{ then } 0.38 \}$	

Для промислових об'єктів визначено п'ять категорій залежно від класу та розмірів санітарно-захисних зон (СЗЗ) навколо об'єктів згідно із Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів, а саме: 5 клас з радіусом СЗЗ до 50 м; 4 клас – до 100 м; 3 клас – до 300 м; 2 клас – до 500 м та 1 клас із СЗЗ понад 1000 м. В блоці k1 алгоритму функції `_grid_eval_k` обчислюється значення часткових функцій бажаності за найближчим сусідством

для кожної категорії промислових об'єктів, а як результат оцінювання впливу вибирається найменше значення поміж значень п'яти часткових функцій бажаності, що відповідає найбільшому негативному впливу поміж найближчих промислових об'єктів усіх п'яти категорій.

Для зелених зон визначено три категорії об'єктів залежно від їх площі (табл. 2.4), В блоці k4 алгоритму функції *grid_eval_k* обчислюється значення часткової функції бажаності за найближчим сусідством для об'єктів усіх категорії зелених, а як результат оцінювання впливу вибирається найбільше значення поміж значень трьох часткових функцій бажаності, що відповідає найбільшому позитивному впливу поміж найближчих зелених зон усіх трьох категорій. Значення часткових функцій впливу об'єктів на кожному чарунку та інтегральної функції бажаності ОЯМС для них записуються в таблицю БГД *eco_grid_k*.

2.4.3 Алгоритми формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС

Як альтернатива GRID моделям для певних прикладних задач можуть ефективно застосовуватися полігональні моделі поверхні інтегральної функції бажаності, що створюються на основі покриття території міста полігонами певних структурно-планувальних об'єктів території міста, що формуються в контексті певної прикладної задачі. В дослідженні для полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС використовуються полігони оціночних районів (ОЦР), які зазвичай створюються в проєктах нормативної грошової оцінки земель. В контексті теми роботи це також доцільно, оскільки існує потенційна можливість використати значення індексів довкілля з в проєктів грошової оцінки як базис для порівняння результатів геоінформаційного моделювання ОЯМС іншими методами.

Алгоритми функцій *_ocr_eval* та *_ocr_eval_k* за логічною структурою є модифікацією розглянутих в п. 2.4.2 алгоритмів *_grid_eval* (рис.2.4). та *grid_eval_k* (рис.2.5).

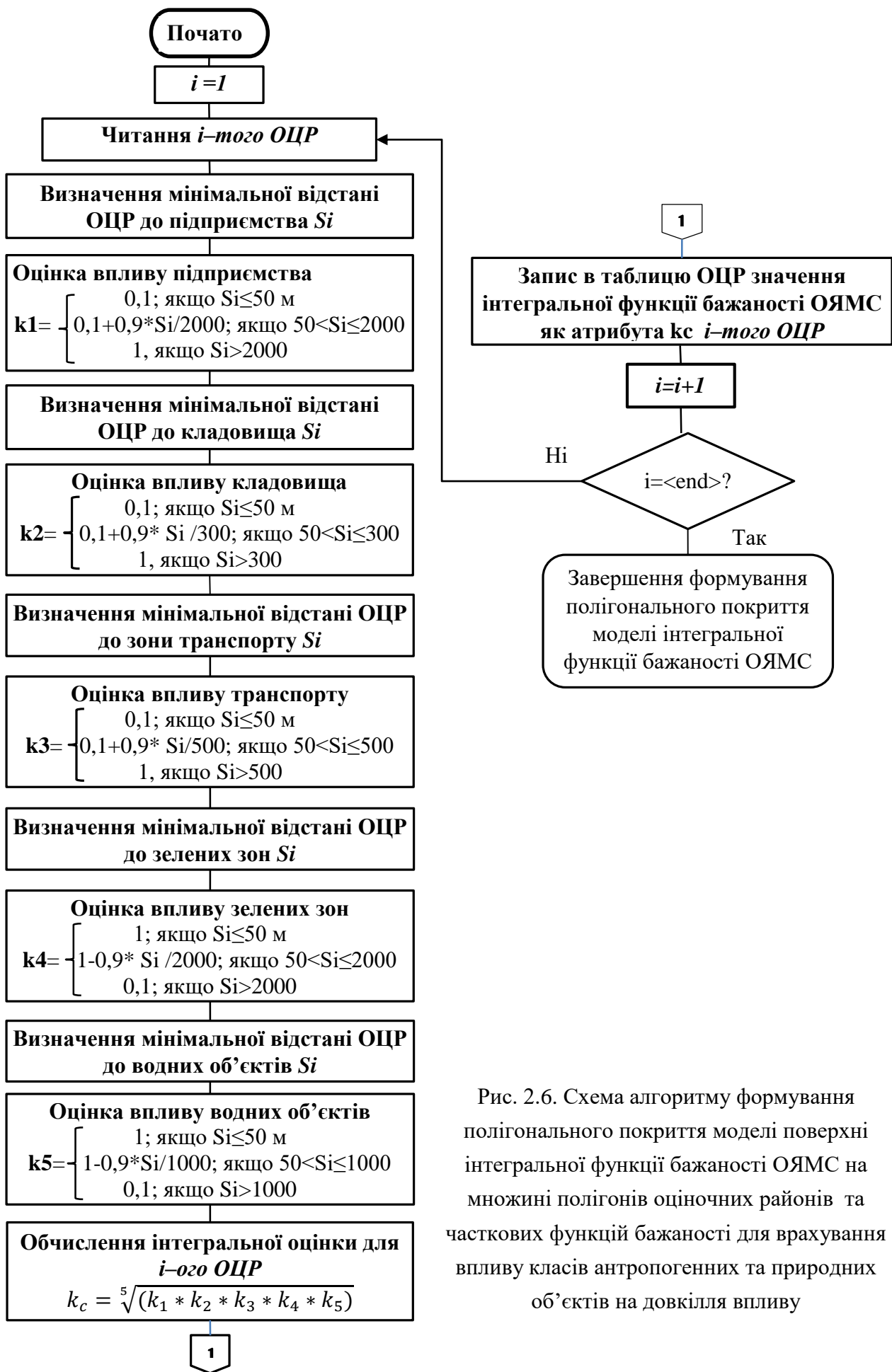


Рис. 2.6. Схема алгоритму формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС на множині полігонів оціночних районів та часткових функцій бажаності для врахування впливу класів антропогенних та природних об'єктів на довкілля впливу

В алгоритмі функції *ocr_eval* (рис.2.6) для формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС на множині полігонів оціночних районів та часткових функцій бажаності для врахування впливу класів антропогенних та природних об'єктів на довкілля можна спостерігати практично повне співпадіння за логічною структурою та набором змістовних блоків для обчислення інтегральної функції бажаності ОЯМС з алгоритмом функції *_grid_eval* (рис. 2.4). Відмінність зводиться до того, що основний цикл, просторовий аналіз та набір часткових функцій бажаності для оцінювання впливу антропогенних і природних об'єктів (табл. 2.3) застосовується не до чарунок регулярної сітки GRID моделі, а до екземплярів полігонів ОЦР, що утворюють полігональне покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС. Результати моделювання як значення інтегральної функції бажаності ОЯМС зберігається як значення відповідного атрибута в таблиці оціночних районів *blocks_ocr*.

Алгоритм функції *_ocr_eval_k* у свою чергу є модифікацією алгоритму функції *_ocr_eval*, якщо його блоки k1 та k4, що призначені для моделювання впливу на довкілля промислових об'єктів та зелених зон на довкілля на рівні екземплярів класів об'єктів замінити на блоки оцінювання впливу підкласів цих об'єктів за категоріями інтенсивності впливу з використанням часткових функцій бажаності згідно з табл. 2.4. Правила заміни аналогічні правилам, що викладено на стор. 45 – 46 для алгоритму функції *grid_eval_k* (рис. 2.5).

2.4.4 Алгоритм обчислення індексів довкілля для оціночних районів

За визначенням індекс якості довкілля ОЦР міста є відношення значення інтегральної функції бажаності ОЯМС для оціночного району до середнього значення цього показника для міста. На рис 2.7. подано схему алгоритму обчислення індексу якості довкілля ОЦР на основі GRID моделі поверхні

інтегральної функції бажаності ОЯСМ, що формуються функціями $grid_eval$ $grid_eval_k$ (див. п.2.4.2).

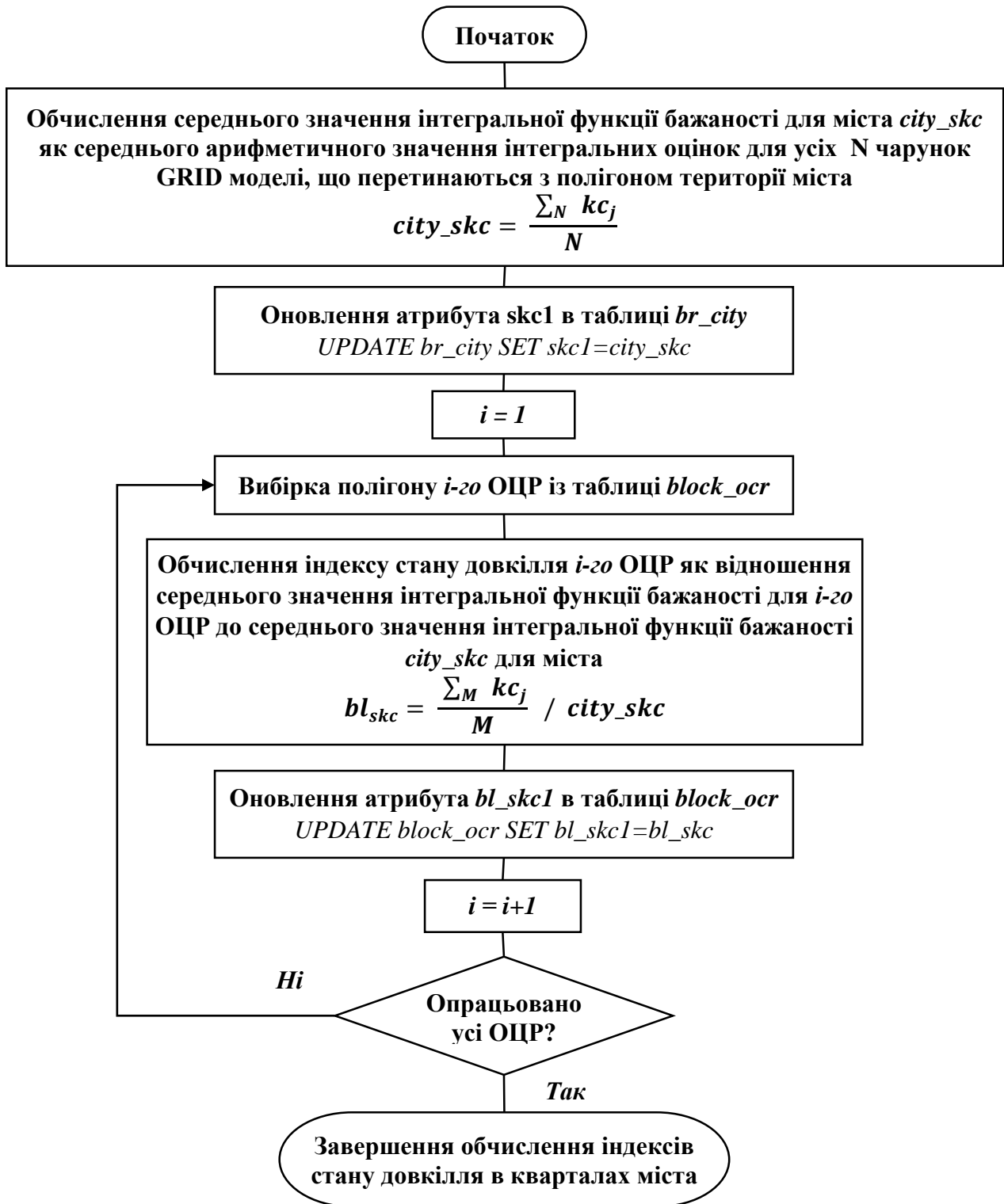


Рис.2.7. Схема алгоритму для обчислення індексу якості довкілля для оціночних районів міста

Згідно із схемою алгоритму спочатку обчислюється середнє значення інтегральної функції бажаності для міста $city_skc$ як середнє арифметичне

значення інтегральної функції бажаності усіх чарунок GRID моделі, що перетинаються з полігоном території міста.

Далі в циклі опрацьовуються полігони усіх ОЦР. Для кожного ОЦР обчислюється середнє значення інтегральної функції бажаності ОЯМС як середнє арифметичне значень інтегральної функції бажаності усіх чарунок GRID моделі, що перетинаються з полігоном території ОЦР.

Для цього обчислюється середнє значення інтегральної функції бажаності для міста як середнього арифметичного значення інтегральних оцінок для усіх чарунок GRID-моделі, що перетинаються з полігоном території міста. Відношення середнього значення інтегральної функції бажаності ОЯМС оціночного району до значення цього показника для міста *city_skc* як шуканий результат записується як відповідний атрибут в таблицю геопросторових даних ОЦР *blocks_osr*.

В практичній частині роботи реалізовано два варіанти функції визначення індексу якості довкілля ОЦР, які реалізують описаний алгоритм зверненням до двох варіантів GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС *eco_grid* та *eco_grid_k*, в яких зберігаються результати моделювання ОЯМС відповідно з використанням функцій *_grid_eval* та *grid_eval_k*.

Далі був розроблений алгоритм для індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією *_osr_indx ()* як відношення значення інтегрованої функції бажаності для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу до середньозваженого за площею значення цього показника для усіх ОЦР по місту

Висновки до розділу 2

1. Розроблено структурно-функціональну модель ГІС ОЯМС, в якій визначено основні функціональні компоненти системи, що доповнюють інструментальну ГІС прикладним змістом як в частині бази геопросторових даних, так і в частині прикладних функцій оцінювання якості міського середовища.

2. Запропоновано концептуальну модель ГІС ОЯМС як обробної системи, яка на основі просторових моделей території міста та моделей розміщення

антропогенних і природних об'єктів забезпечує геоінформаційне моделювання ОЯМС на основі застосування функцій бажаності Харрінгтона для оцінювання впливу об'єктів на довкілля міста.

3. Розроблено UML діаграму концептуальної моделі бази геопросторових даних ГІС ОЯМС та каталог класів цільових об'єктів БГД. Ці компоненти проекту розроблено з дотриманням вимог чинного ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних. В концептуальній моделі для цільових класів об'єктів визначено як атрибути, так і прикладні функції-методи, що моделюють поведінку об'єктів в контексті оцінки якості міського середовища. Це дозволяє цілісно реалізувати основні функції ОЯМС в середовищі ОР СКБД.

4. Розроблено алгоритми прикладних функцій для реалізації чотирьох варіантів геоінформаційних моделей заснованих на формуванні GRID та полігональної моделі поверхні інтегральної функції бажаності для оцінки якості міського середовища.

Розділ 3

**РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ
ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконала		Запорожець О.В.			Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Лященко А.А.					1	29
Керівник		Лященко А.А.				КНУБА, група ГСТ-61		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

3 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Технологічна схема обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС

Обчислювальний експеримент дослідження полягав в реалізації прикладних функцій геоінформаційного моделювання ОЯМС, їх апробація для оцінювання якості довкілля території міста Дрогобич за чотирма варіантами моделювання інтегральної функції бажаності ОЯМС та порівняння отриманих результатів з експертними оцінками якості довкілля, що виконувалися в проєкті нормативної грошової оцінки земель м. Дрогобич.

В узагальненій технологічній схемі обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС (рис. 3.1.) визначено такі основні етапи:

A1) створення бази геопросторових даних в середовищі PostgreSQL/PostGIS;

A2) завантаження в БГД шейп-файлів вихідних наборів геопросторових даних для м. Дрогобич;

A3) формування структури GRID-моделі для подальшого формування варіантів моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС;

A4) розроблення та підключення до БГД вбудованих прикладних SQL функцій геоінформаційного моделювання ОЯМС;

A5) геоінформаційне моделювання ОЯМС міста Дрогобич з використанням розроблених прикладних SQL функцій для чотирьох варіантів моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС;

A6) порівняльний аналіз результатів геоінформаційного моделювання ОЯМС з базовим варіантом експертного оцінювання якості довкілля м. Дрогобич;

A7) тематичне картографування результатів дослідження.

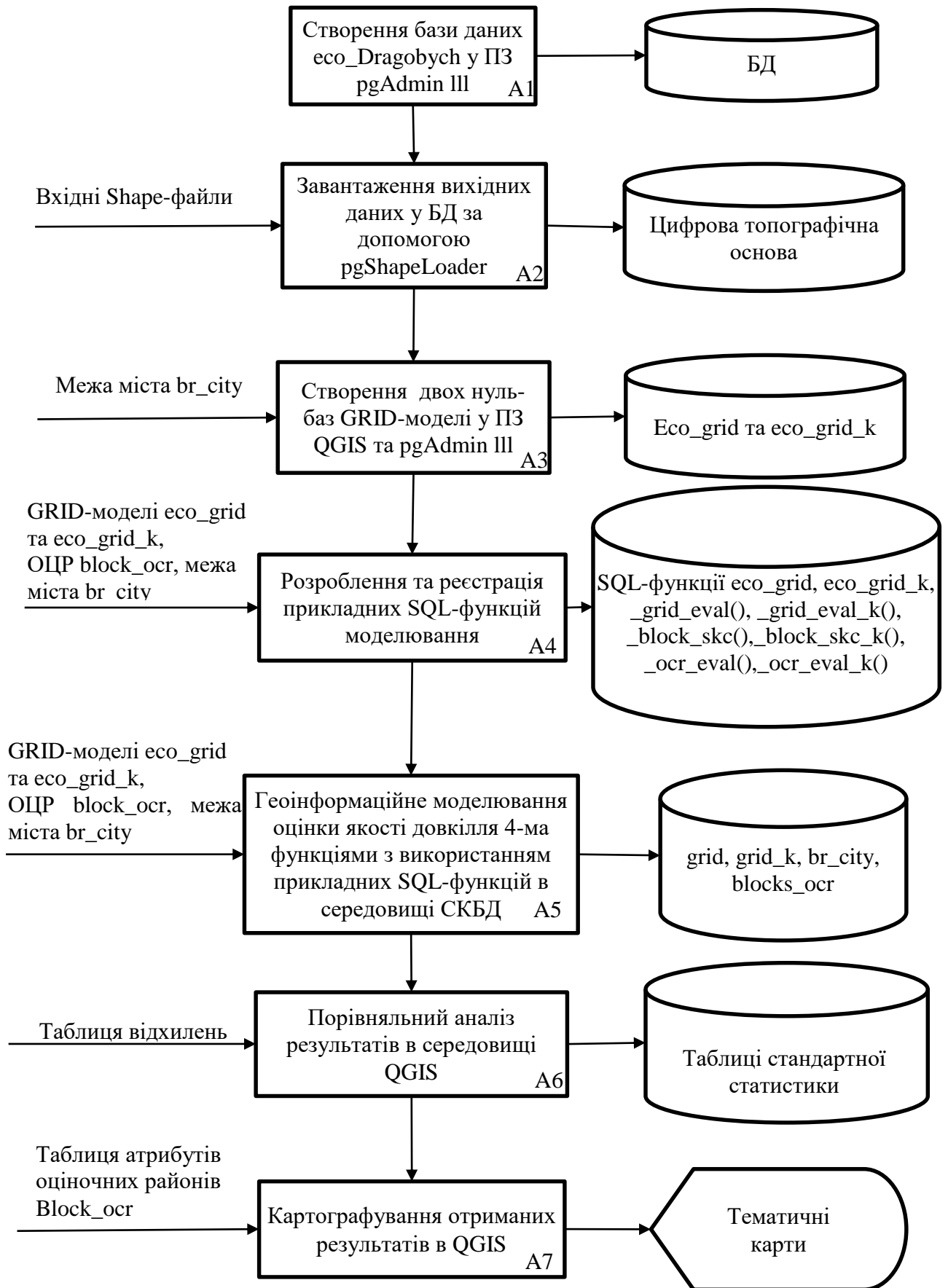


Рис. 3.1. Технологічна схема дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС

Розглянемо докладніше зміст етапів технологічної схеми.

На етапі А1 – у програмному середовищі pgAdmin III створюється нуль-база геопросторових даних *eco_Drogobych*, з просторовим розширенням функцій – *postgis* (рис. 3.2.).

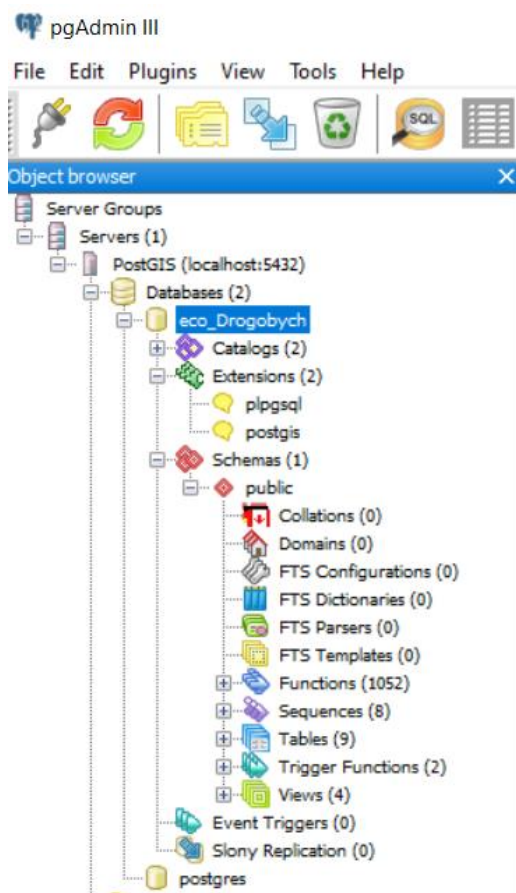


Рис. 3.2. Дерево об'єктів БГД *eco_Drogobych*, створеної в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS

На етапі А2 за допомогою програмного засобу (далі – ПЗ) *pgShapeLoader* (рис. 3.3.) до БГД завантажуються шейп-файли вхідних геопросторових даних, як параметри завантаження задаються ідентифікатор системи координат (SRID) 3395 та система кодування символів *cp1251*.

Для кожного класу об'єктів створюється таблиця БГД в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS та відповідним просторовим індексом для оптимізації доступу до об'єктів в процесі просторового аналізу геоінформаційного моделювання ОЯСМ.

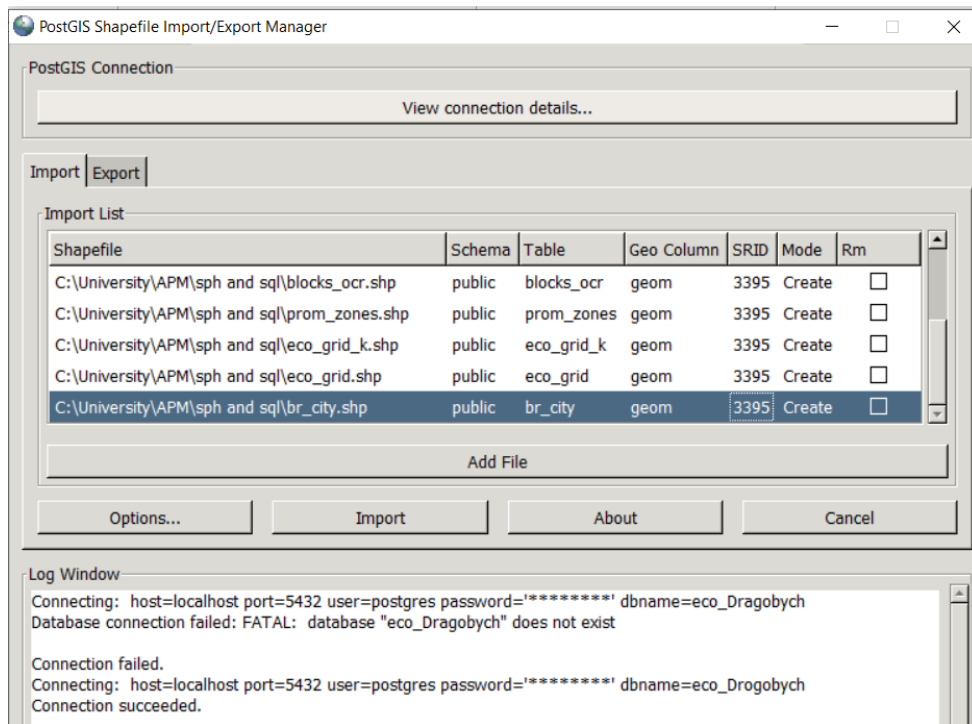


Рис. 3.3. Екранна форма pgShareLoader завантаження шейп-файлів в БГД
 За результатами завантаження шейп-файлів в базі даних створюються відповідні таблиці БГД та просторові індекси (рис. 3.4.).

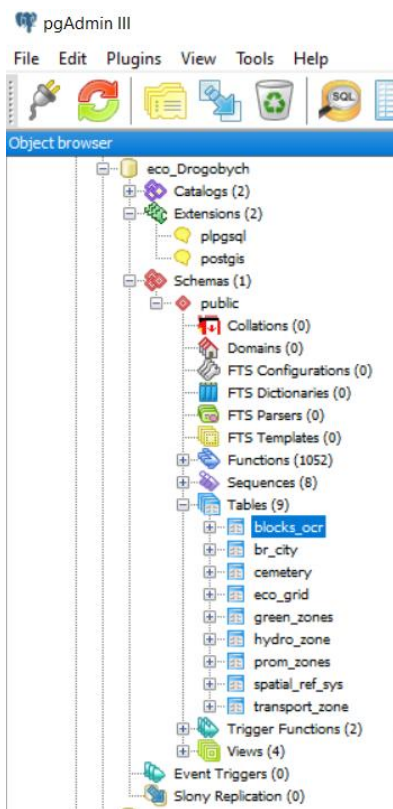


Рис. 3.4. Вікно дерева pgAdmin III із таблицями цільових об'єктів
 обчислювального експерименту

На етапі А3 у середовищі QGIS створюється структура GRID-моделі та відповідний шейп-файл з використанням межі міста як параметра обмежувального прямокутник GRID-моделі.

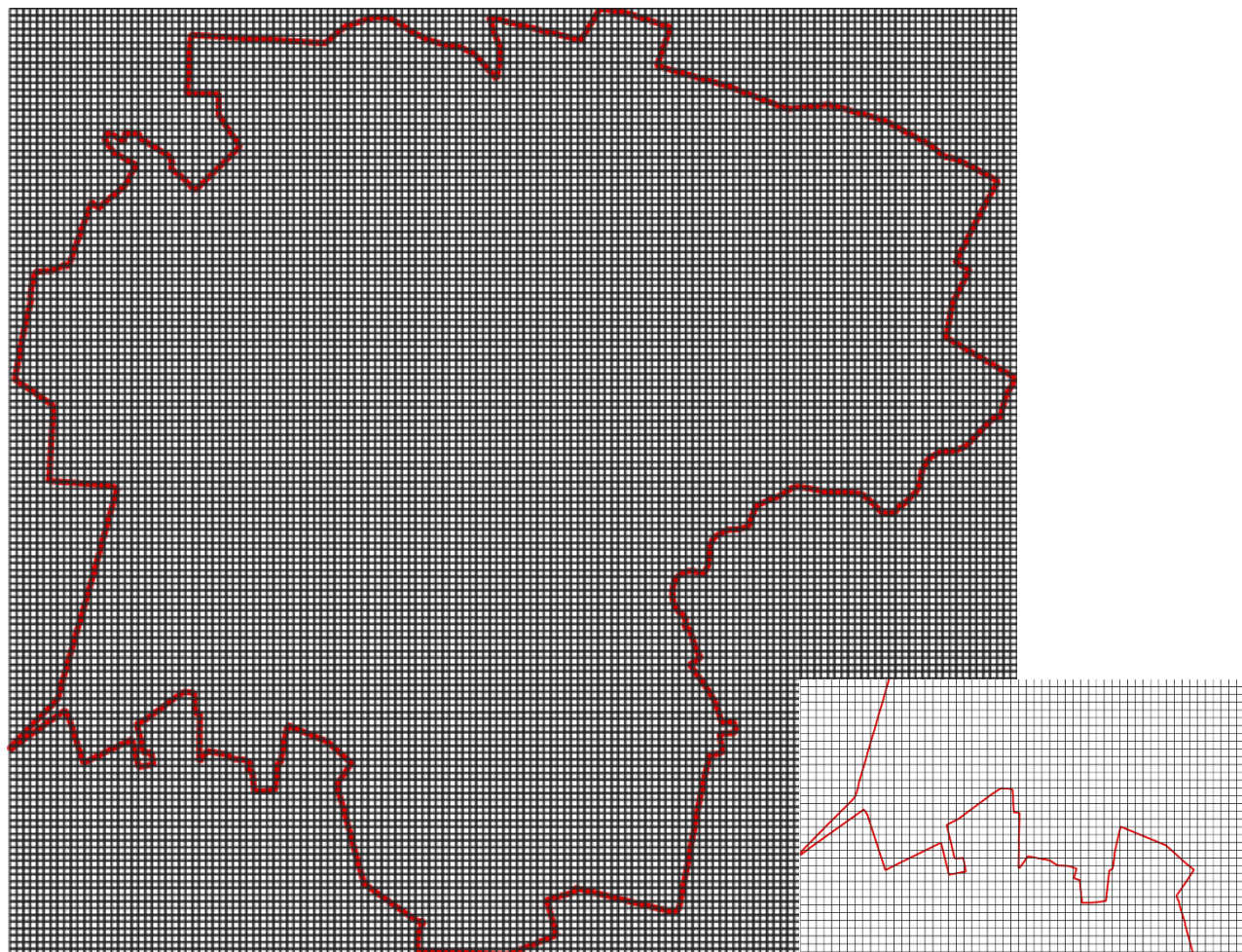


Рис. 3.5. Зображення шару `eco_grid` та `eco_grid_k` з прозорим стилем візуалізації

На етапі А4 програмуються та завантажуються в середовище БГД прикладні SQL функції для геоінформаційного моделювання ОЯМС.

На етапі А5 виконується власне геоінформаційне моделювання ОЯМС міста Дрогобич з використанням розроблених прикладних SQL функцій для чотирьох варіантів моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС. За результатами чотирьох моделей обчислюються індекси якості довкілля оціночних районів м. Дрогобич.. Вхідними даними для геоінформаційного моделювання є GRID-моделі `eco_grid` та `eco_grid_k`, оціночні райони `block_osr`, межа міста `br_city`. `pgAdmin III` використовується для виклику SQL-функції `_grid_eval()` та `_grid_eval_k()`, `_block_skc()` та `_block_skc_k()`,

_ocr_eval() та _ocr_eval_k() на виконання для геоінформаційного моделювання ОЯСМ та визначення індексів якості довкілля ОЦР. Докладніше реалізація прикладних SQL функцій розглядається в п. 3.4.

На етапі А6 виконується порівняльний аналіз отриманих результатів за допомогою засобів стандартної статистики інструментальної ГІС QGIS. Результати аналізу подаються гістограмами розподілу відхилень значень індексів довкілля ОЦР отриманих за варіантами геоінформаційного моделювання від базового, та попарного порівняння результатів чотирьох варіантів геоінформаційного моделювання ОЯМС. Докладніше аналіз результатів розглядається у п. 3.5.

На етапі А7 у середовищі QGIS виконується тематичне картографування отриманих результатів. Для отримання карт як тематичні змінні використовуються значення атрибутів таблиці block_ocr з індексами якості довкілля за базовим та чотирьма варіантами геоінформаційних моделей ОЯМС.

3.2 Склад вихідних геопросторових даних на дослідну територію

Для реалізації обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС було обрано місто Дрогобич Львівської області. Для моделювання індексу якості міського середовища належать такі класи об'єктів, поміж яких є важливі для обчислення індексів якості міського середовища – шари цільових об'єктів позитивного або негативного впливу:

- оціночні райони(blocks_ocr.shp);
- межа міста(br_city.shp);
- промислові зони (prom_zones.shp);
- зони зелених насаджень (green_zones.shp);
- водні об'єкти (hydro_zones.shp);
- кладовища (cemetery.shp);
- транспортні магістралі (transport_zones.shp).

Серед вихідних просторових даних є цифрова топографічна основа, до якої належать такі класи об'єктів як будівлі, залізниця, вулиці і т.д.

Електронні карти відображення вхідних даних на територію міста Дрогобич та об'єктів позитивного та негативного впливу наведені на рисунках 3.6-3.9.

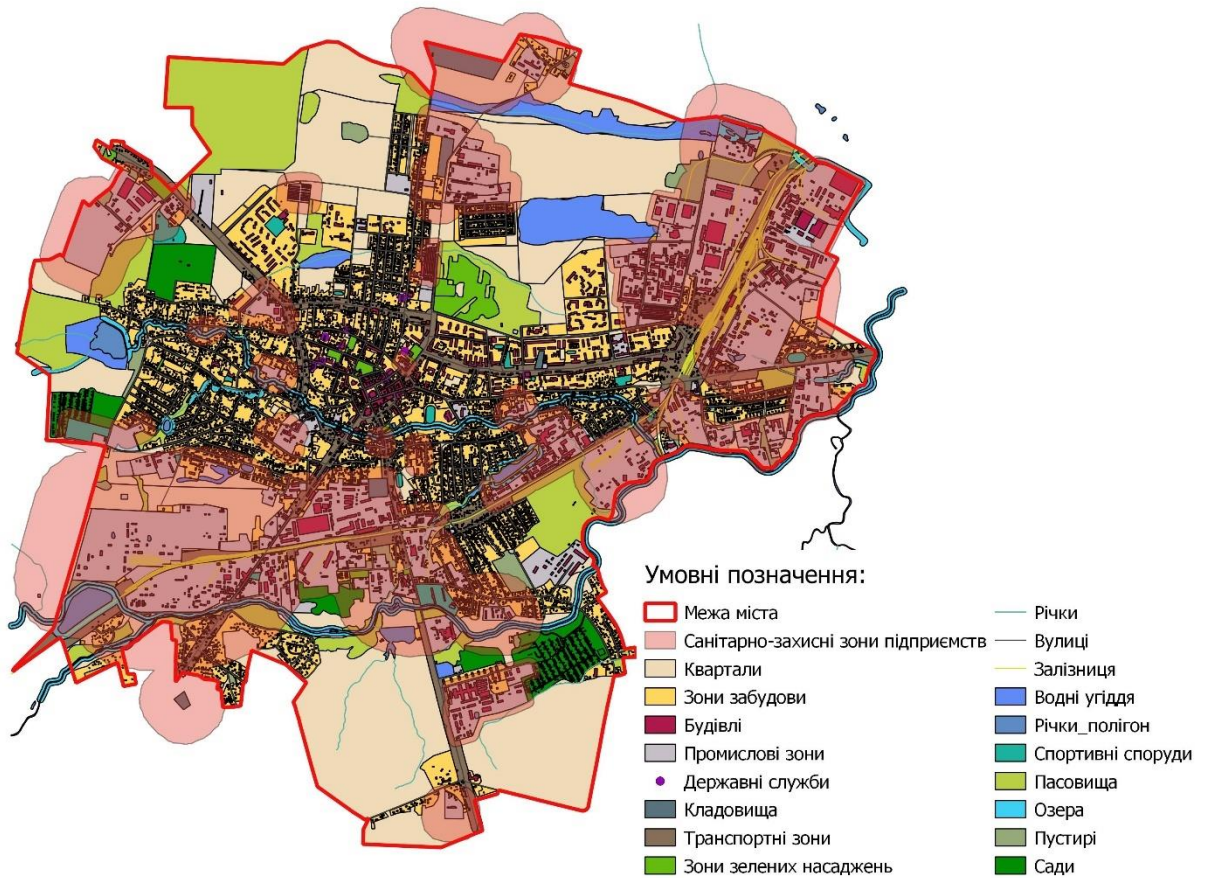


Рис.3.6. Електронна карта відображення вхідних даних для моделювання стану довкілля

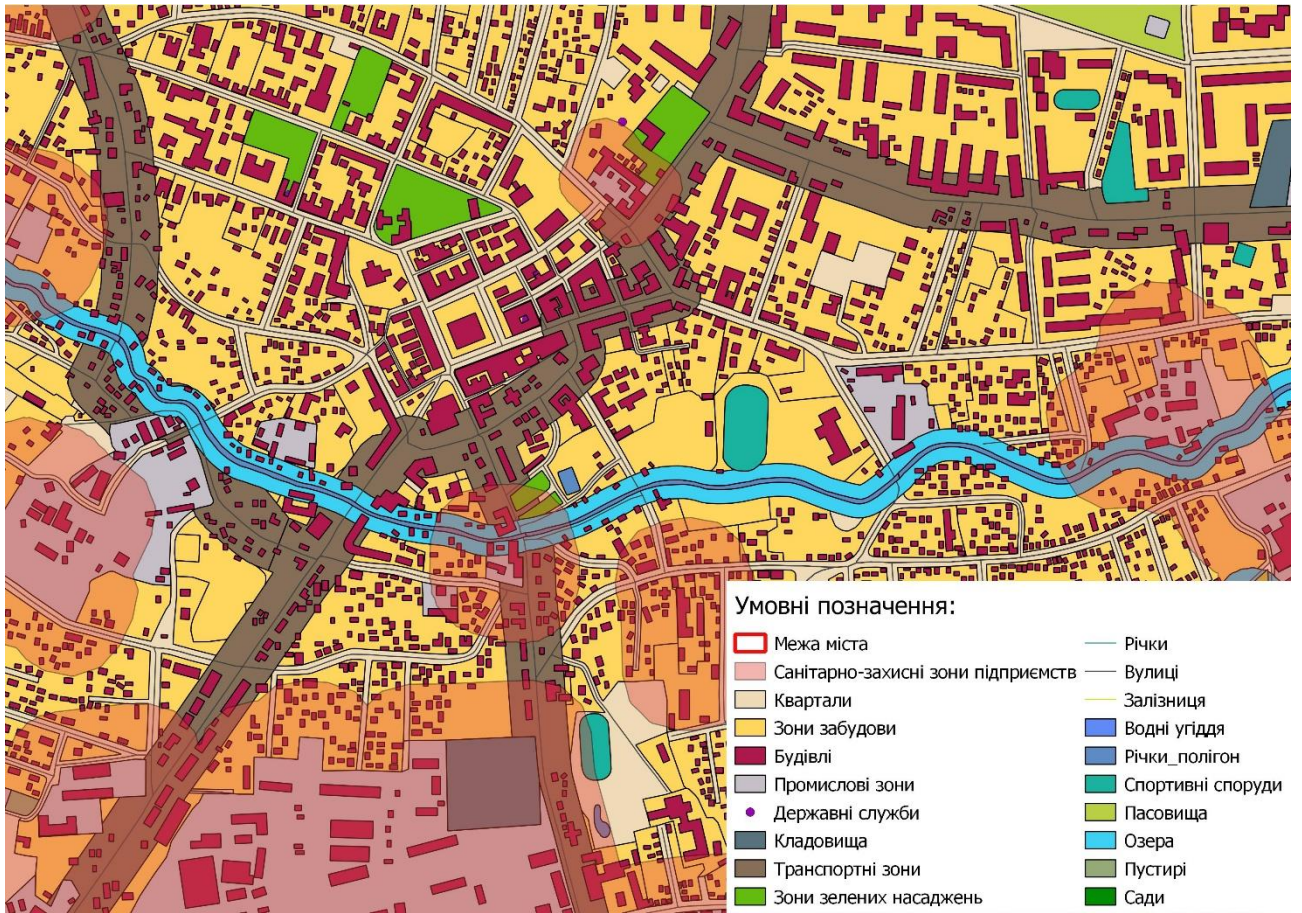


Рис.3.7. Фрагмент електронної карти вхідних даних

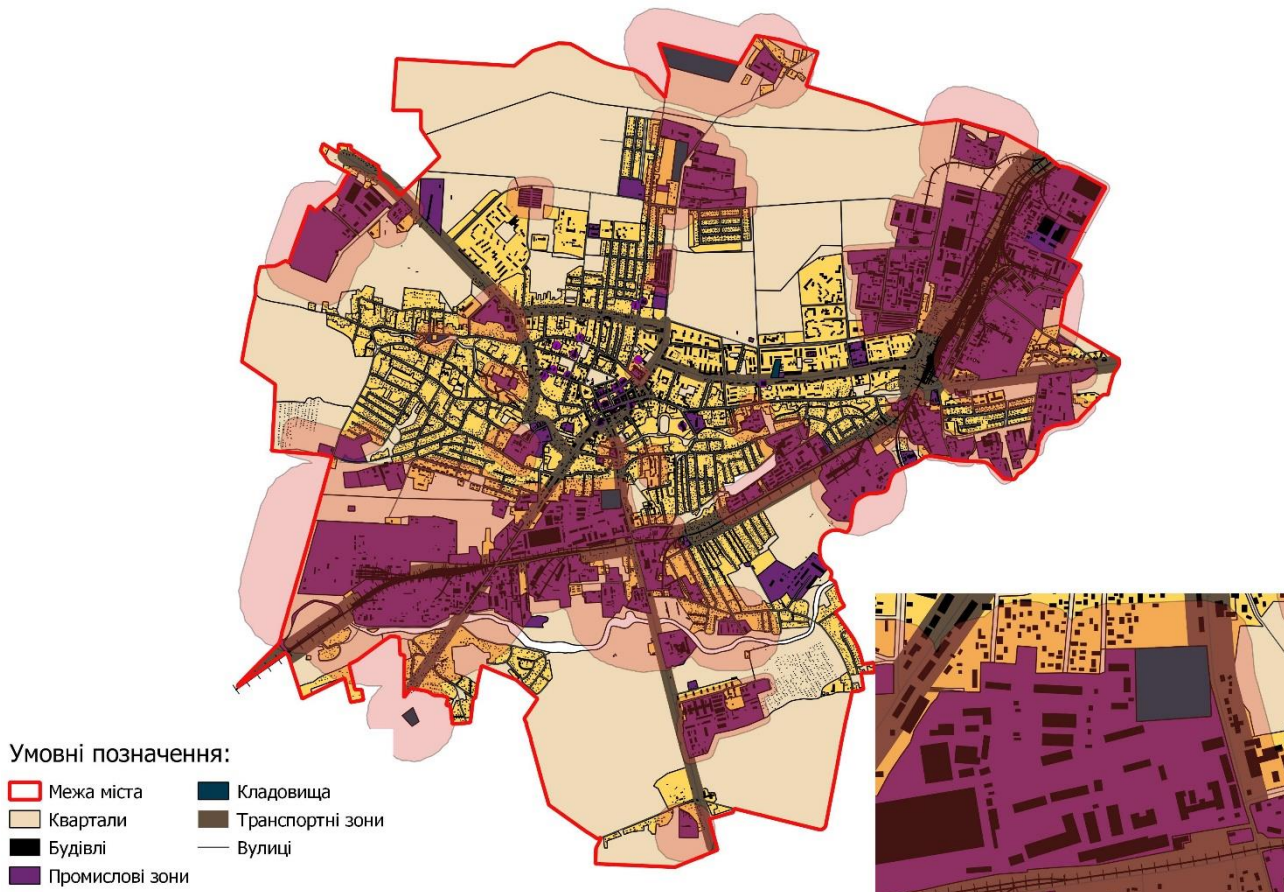


Рис. 3.8. Електронна карта відображення антропогенних об'єктів
негативного впливу

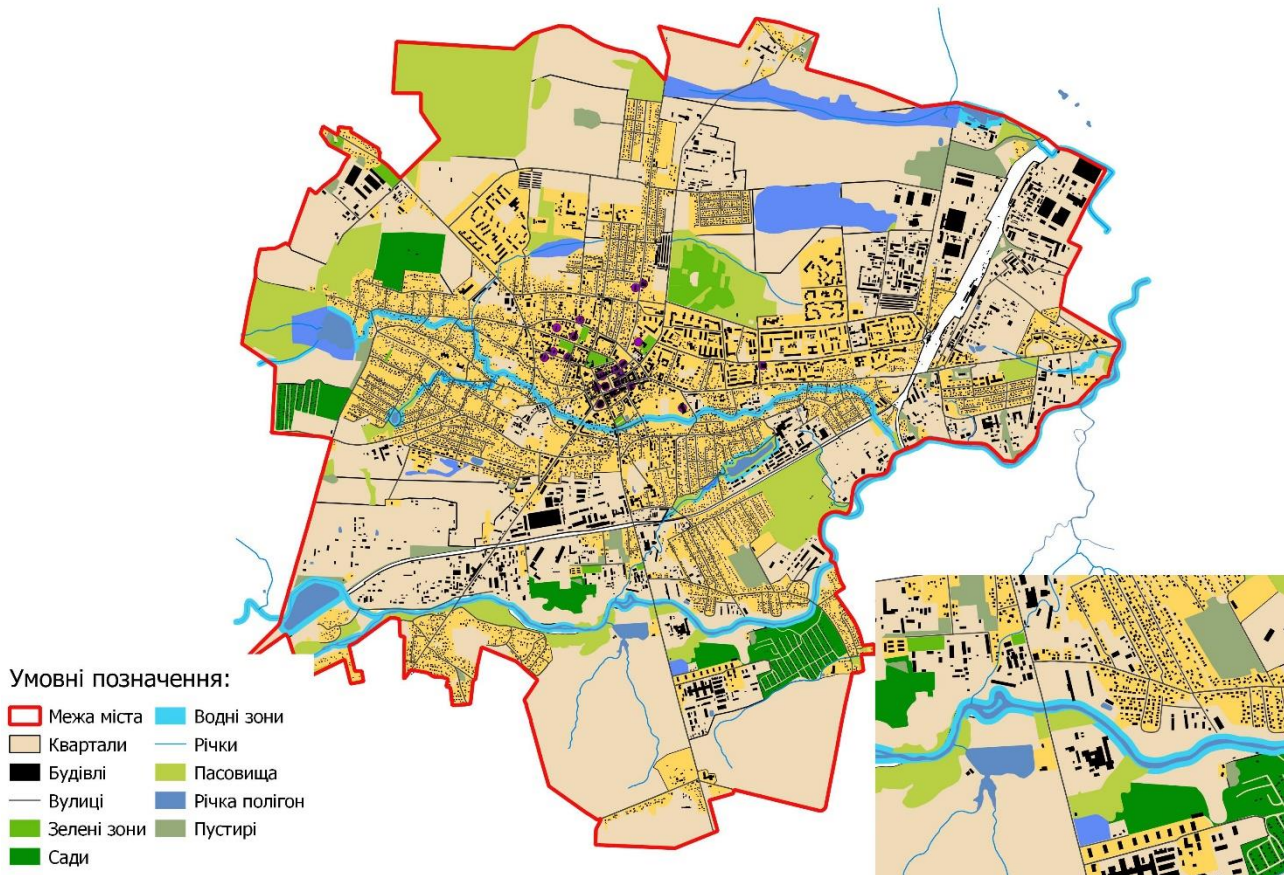


Рис. 3.9. Електронна карта відображення природних об'єктів позитивного
впливу

3.3 Логічна модель БГД ГІС ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS

Логічна схема – це концептуальна схема бази даних, яка враховує особливості СКБД в зображенні структури даних та, відповідно, є результатом етапу логічного моделювання. Така схема створюється шляхом відображення концептуальної схеми у певні мовні конструкції та схематичні позначення вибраної СКБД.

Всі логічні моделі подаються в середовищі СКБД подаються у вигляді послідовності SQL виразів для створення таблиць БГД з визначенням назв атрибутів та їх типів і можливих обмежень.

3.3.1. Логічна модель реалізації класу оціночних районів *blocks_ocr*

SQL-вирази для створення таблиці:

```
-- Table: blocks_ocr

-- DROP TABLE blocks_ocr;

CREATE TABLE blocks_ocr
(
  gid serial NOT NULL,
  codito character varying(5),
  e double precision,
  bl_skc1 double precision,
  bl_skc2 double precision,
  bl_skc3 double precision,
  bl_skc4 double precision,
  bl_d3 double precision,
  bl_d4 double precision,
  bl_area double precision,
  geom geometry(MultiPolygon,3395),
  CONSTRAINT blocks_ocr_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE blocks_ocr
  OWNER TO postgres;
-- Index: blocks_ocr_geom_idx
-- DROP INDEX blocks_ocr_geom_idx;
CREATE INDEX blocks_ocr_geom_idx
  ON blocks_ocr
  USING gist
  (geom);
```

Таблиця 3.1

Атрибути класу *block_ocr* для оціночних районів

№ з/п	Назва атрибута	Тип даних	Стислий опис призначення та змісту атрибута
1.	gid	integer	Системний ідентифікатор створюється автоматично pgShapeLoader при завантаженні шейп файла в базу даних
2.	CODITO	string (5)	Ідентифікатор ОЦР в ПМК Терен ГІС
3.	E	double precision	Індекс довкілля ОЦР за експертною оцінкою
4	bl_skc1	double precision	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_block_skc ()</code> за GRID-моделлю функції бажаності найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу як відношення

			середнього значення функції бажаності ОЦР до середнього значення цього показника по місту
5	bl_skc2	double precision	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_block_skc_k()</code> за GRID-моделлю функції бажаності найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів впливу як відношення середнього значення функції бажаності ОЦР до середнього значення цього показника по місту
6	bl_skc3	double precision	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_ocr_indx ()</code> як відношення <code>bl_d3</code> до середньозваженого за площею значення цього показника для усіх ОЦР по місту
7	bl_skc4	double precision	Індекс довкілля ОЦР, що обчислюється функцією <code>_ocr_indx_k ()</code> як відношення <code>bl_d4</code> на середньозваженого за площею значення цього показника для усіх ОЦР по місту
8	bl_d3	double precision	Значення інтегрованої функції бажаності для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу; обчислюється функцією <code>_ocr_eval ()</code>
9	bl_d4	double precision	Значення інтегрованої функції бажаності для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів; обчислюється функцією <code>_ocr_eval k ()</code>
10	bl_area	double precision	Площа ОЦР

3.3.2. Логічна модель класу *br_city* для території міста

SQL вирази для створення таблиці *br_city*:

```
-- Table: br_city

-- DROP TABLE br_city;

CREATE TABLE br_city
(
  gid serial NOT NULL,
  city_name character varying(25),
  skc1 double precision,
  skc2 double precision,
  skc3 double precision,
  skc4 double precision,
  city_area double precision,
  geom geometry(MultiPolygon,3395),
```

```

CONSTRAINT br_city_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE br_city
  OWNER TO postgres;
-- Index: br_city_geom_idx
-- DROP INDEX br_city_geom_idx;
CREATE INDEX br_city_geom_idx
  ON br_city
  USING gist
  (geom);

```

Таблиця 3.2

Атрибути класу br_city для території міста

№ з/п	Назва атрибута	Тип даних	Стислий опис призначення та змісту атрибута
1.	gid	integer	Системний ідентифікатор створюється автоматично pgShapeLoader при завантаженні шейп файлу в базу даних
2.	city_name	string (30)	Назва міста
3.	skc1	double precision	Значення інтегрованої функції бажаності (ФБ) для міста, що обчислюється функцією <i>_block_skc ()</i> як середнє значення ФБ для чарунок GRID-моделі, що перетинаються з полігоном території міста, для ФБ найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу
4.	skc2	double precision	Значення інтегрованої ФБ для міста, що обчислюється функцією <i>_block_skc_k ()</i> як середнє значення ФБ для чарунок GRID-моделі, що перетинаються з полігоном території міста, для ФБ найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу з урахуванням категорії об'єктів
5.	skc3	double precision	Значення інтегрованої ФБ для міста, що обчислюється функцією <i>_ocr_indx ()</i> як середнє зважене за площею значення показника <i>bl_skc3</i> для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу, що обчислюється функцією <i>_ocr_eval ()</i> .

6.	skc4	double precision	Значення інтегрованої ФБ для міста, що обчислюється функцією <code>_ocr_indx_k ()</code> як середнє зважене за площею значення показника <code>bl_skc4</code> для ОЦР за методом найближчого сусідства ОЦР до об'єктів впливу з урахуванням категорій об'єктів, що обчислюється функцією <code>_ocr_eval_k ()</code> .
7.	city_area	double precision	Площа міста

3.3.3. Логічна модель класу `eco_grid`

SQL-вирази для створення таблиці `eco_grid`:

```
-- Table: eco_grid
-- DROP TABLE eco_grid;
CREATE TABLE eco_grid
(
  gid serial NOT NULL,
  i numeric(10,0),
  j numeric(10,0),
  k1 numeric,
  k2 numeric,
  k3 numeric,
  k4 numeric,
  k5 numeric,
  kc numeric,
  geom geometry(MultiPolygon,3395),
  CONSTRAINT eco_grid_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE eco_grid
  OWNER TO postgres;
-- Index: eco_grid_geom_idx
-- DROP INDEX eco_grid_geom_idx;
CREATE INDEX eco_grid_geom_idx
  ON eco_grid
  USING gist
  (geom);
```

Атрибути класу `eco_grid`

№ з/п	Назва атрибута	Тип даних	Стислий опис призначення та змісту атрибута
1.	gid	integer	Системний ідентифікатор створюється автоматично <code>pgShapeLoader</code> при завантаженні шейп файла в базу даних
2.	i	numeric	Значення номера клітинки чарунки по X
3.	j	numeric	Значення номера клітинки чарунки по Y
4.	K1	numeric	Значення нечіткої оцінки впливу промислових підприємств на чарунки
5.	K2	numeric	Значення нечіткої оцінки впливу кладовищ на чарунки
6.	K3	numeric	Значення нечіткої оцінки впливу транспортних магістралей на чарунки
7.	K4	numeric	Значення нечіткої оцінки впливу масивів зелених насаджень на чарунки
8.	K5	numeric	Значення нечіткої оцінки впливу гідрографічних об'єктів на чарунки
9.	Kc	numeric	Значення інтегральної нечіткої оцінки стану довкілля

3.4 Схеми реалізації прикладних SQL-функції для ГІС ОЯМС

В роботі для геоінформаційного моделювання якості міського середовища розроблено прикладні SQL-функції, які належать до класу вбудованих функцій та реалізуються на мові PL/pgSQL. Вбудована функція є об'єктом бази даних, зберігається на сервері, а отже доступна для використання без завантаження їх на клієнтський комп'ютер багатьма користувачами. Операції просторового аналізу у функціях реалізовано з використанням просторового розширення PostGIS, що робить їх незалежними від середовища платформи будь-якої інструментальної ГІС. Це створює потенційні умови для їх практичного використання розроблених функції в середовищі будь-якої геоінформаційної системи, яка інтегрується із СКБД PostgreSQL.

3.4.1. Функція формування GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу

Назва функції: `_grid_eval ()`.

Посилання на схему алгоритму: п. 2.4.2

Функція призначена для GRID – моделювання інтегральної оцінки якості довкілля як поверхні функція бажаності за найближчим сусідством чарунок до об'єктів впливу. Вхідними даними є таблиці об'єктів впливу, а вихідними – таблиці БГД: `eco_grid`, `br_city`, `blocks_ogr`.

В першому блоці функції оператори створення функції та оголошення змінних:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION _grid_eval()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
si1 double precision;
si2 double precision;
si3 double precision;
si4 double precision;
si5 double precision;
koef1 double precision;
koef2 double precision;
koef3 double precision;
koef4 double precision;
koef5 double precision;
i record;
```

Далі реалізується цикл по чарунках моделі. Для кожної чарунки виконуються блоки розрахунку часткової функції бажаності для оцінки впливу від відповідних об'єктів. Блоки мають таку структуру:

```
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу підприємств
  si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid g, prom_zones h
where g.gid=i.gid);
koef1=CASE
WHEN si1<=25 THEN 0.38
WHEN si1>25 and si1<=1000 THEN (0.38+0.52*si1/1000)
```

```
else 0.9
end;
```

Цей блок розраховує функцію бажаності для впливу підприємств на чарунку. Сама функція реалізується як обчислення у блоці мінімальної дистанції з використанням функції `postgis ST_Distance`. Функція бажаності реалізується блоком `CASE`, який у відповідності до дистанції вибирає чарунки, якщо дистанція менше 25 тоді дається значення 0.38; якщо дистанція більше 25 та менше 1000 тоді значення дорівнює $(0.38+0.52*si1/1000)$; всім іншим буде даватися значення 0.9.

Аналогічні блоки реалізовані для розрахунку функції бажаності впливу кладовищ, транспортних магістралей, зелених насаджень та водних об'єктів.

Цикл завершується оновленням запису в базі даних : `update eco_grid`. Повний текст функції приводиться у додатку А.1.

3.4.2. Функція формування GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу

Назва функції: `_grid_eval_k ()`.

Посилання на схему алгоритму: п. 2.4.2

Загалом ця функція є ідентичною до функції `_grid_eval()` (п.3.4.1), але в ній враховуються категорії об'єктів за потужністю впливу. Тобто одному блоку відповідає функція порахована для чарунки з урахуванням категорії для певного об'єкта впливу. Вхідними даними є таблиці об'єктів впливу з категоріями потужності впливу, а саме для промислових зон – 5 класів санітарно-захисної зони; та 3 категорії впливу для парків.

Блок `DECLARE` є тим самим як у функції `_grid_eval()`. Далі йде блок з обчисленням оцінки стану довкілля для кожної чарунки від впливу підприємств з урахуванням класу/розміру СЗЗ.

```
si1=(SELEct min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=5);
koef1=CASE
```

```

WHEN si1<=25 THEN 0.38
WHEN si1>25 and si1<=100 THEN (0.38+0.52*si1/100)
else 0.9
end;

```

В блоці за допомогою функції ST_Distance обчислюється мінімальна відстань. Значенням, які входять у діапазон визначених у CASE, надається категорія впливу 5 класу – 50 м. Аналогічно для об'єктів позитивного впливу - парків надаються значення, але для 3 категорій. Решта блоків з об'єктами впливу, залишаються незмінними. Так само як і блок для оновлення запису у таблиці.

Повний текст функції подано в додатку А.2.

3.4.3. Функції формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу

Назва функції: `_ocr_eval ()`.

Посилання на схему алгоритму: п. 2.4.3

Функція `_ocr_eval ()` за схемою реалізації є модифікацією тексту функції `_grid_eval ()`, в якій замість таблиці об'єктів моделі *eco_grid* використовується таблиця оціночних районів *blocks_ocr*.

Повний текст функції приведено в додатку А.3.

3.4.4. Функції формування полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням часткових функцій бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу

Назва функції: `_ocr_eval_k ()`.

Посилання на схему алгоритму: п. 2.4.3

Функція `_ocr_eval_k ()` за схемою реалізації є модифікацією тексту функції `_grid_eval_k()`, в якій замість таблиці об'єктів моделі *eco_grid_k* використовується таблиця оціночних районів *blocks_ocr*.

Повний текст функції приведено в додатку А.4.

3.4.5 Функція обчислення індексу стану довкілля оціночних районів *_block_skc ()*

Посилання на алгоритм: п. 2.4.4.

Функція *_block_skc ()* призначена для обчислення індексу стану довкілля як відношення середнього значення інтегральної функції бажаності (ІФБ) для чарунок *eco_grid*, що перетинаються з полігоном ОЦР, до середнього значення ІФБ для міста. Модель *eco_grid* містить поверхню ІФБ за методом найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу із загальними функціями обчислення впливу на рівні класів об'єктів.

В першому блоці оператори створення функції та оголошення її змінних:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION _block_skc()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  city_skc double precision;
  blocks_skc1 double precision;
  i record;
```

В другому блоці функції обчислюється середнє значення інтегральної нечіткої оцінки стану довкілля по місту в цілому. Їй відповідає робоча змінна *city_skc* та атрибут *skc* в таблиці межі міста *br_city*. У відповідному запиті цього блоку визначається середнє арифметичне значення *AVG(c.kc)* інтегральних оцінок усіх чарунок *GRID* моделі, що містяться всередині або перетинаються з контуром межі міста.

```
city_skc=(SELECT AVG(c.kc) FROM
(SELECT a.gid, a.kc, a.geom
FROM eco_grid as a, br_city as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,a.geom)) AS c);
UPDATE br_city SET skc1=city_skc;
```

В третьому блоці функції на основі просторового аналізу для кожного кварталу визначається середнє значення інтегральної оцінки стану довкілля *AVG(c.kc)* як середнє арифметичне значення інтегральних оцінок усіх чарунок *GRID* моделі, що містяться всередині або перетинаються з контуром межі

кварталу, та обчислюється значення індексу стану довкілля кварталу. Йому відповідає робоча змінна *bl_skc* та атрибут *block_skc* в таблиці кварталів *block*.

```
FOR i in (SELECT gid FROM blocks_ocr)
loop
blocks_skc1=(SELECT AVG(c.kc)/city_skc FROM (
SELECT a.gid, a.kc, a.geom
FROM eco_grid as a, blocks_ocr as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,a.geom) and b.gid=i.gid) as c);
```

Цикл завершується оновленням запису в базі даних: `UPDATE blocks_ocr SET bl_skc1=blocks_skc1 WHERE gid=i.gid;`

Для функції `_block_skc ()` є варіант реалізації `_block_skc_k ()`, яка призначена для обчислення індексу довкілля ОЦР з використанням GRID-моделі в таблиці *eco_grid_k* з використанням часткових функцій бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу.

Повний текст функцій наведено в додатку А.5.

На рисунках 3.10 – 3.12 подано копії зображень екранних форм таблиць бази даних з результатами використання прикладних SQL функцій для геоінформаційного моделювання ОЯМС м. Дрогобич.

Результати обчислення часткових та інтегральної функції бажаності ОЯМС прикладною функцією `_block_skc_k ()` для таблиці *eco_grid* в базі даних PostGIS (localhost:5432) - *ecoDrogobych* - *eco_grid*.

	gid [PK] serial	i num	j num	k1 numeric	k2 numeric	k3 numeric	k4 numeric	k5 numeric	kc numeric	geom geometry(Mult
1	1	1	1	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
2	2	1	2	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
3	3	1	3	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
4	4	1	4	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
5	5	1	5	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
6	6	1	6	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
7	7	1	7	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
8	8	1	8	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
9	9	1	9	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
10	10	1	10	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
11	11	1	11	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
12	12	1	12	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
13	13	1	13	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
14	14	1	14	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
15	15	1	15	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
16	16	1	16	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
17	17	1	17	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204
18	18	1	18	0.9	1	0.9	0.38	0.38	0.651044152	01060000204

92352 строки.

Рис. 3.10. Фрагмент екранної форми таблиці *eco_grid* з результатами обчислення часткових та інтегральної функції бажаності ОЯМС прикладною

SQL-функцією *_eco_eval* на основі загальних для кожного класу об'єктів впливу рівнянь функцій бажаності

	gid [PK] serial	i num	j num	k1 numeric	k2 numeric	k3 numeric	k4 numeric	k5 numeric	kc numeric	geom geometry(Mult
1	1	1	1	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
2	2	1	2	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
3	3	1	3	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
4	4	1	4	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
5	5	1	5	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
6	6	1	6	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
7	7	1	7	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
8	8	1	8	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
9	9	1	9	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
10	10	1	10	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
11	11	1	11	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
12	12	1	12	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
13	13	1	13	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
14	14	1	14	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
15	15	1	15	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
16	16	1	16	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
17	17	1	17	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
18	18	1	18	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204
19	19	1	19	0.8	1	0.9	0.38	0.38	0.635886987	01060000204

Рис. 3.11. Фрагмент екранної форми таблиці *eco_grid_k* з результатами обчислення часткових та інтегральної функції бажаності прикладною SQL-функцією *_eco_eval_k* з використанням рівнянь функцій бажаності для категорій об'єктів за інтенсивністю впливу

	gid [PK] serial	codito character var	e double precision	bl_skc1 double precision	bl_skc2 double precision	bl_skc3 double precision	bl_skc4 double precision	bl_d3 double precision	bl_d4 double precision	bl_area double precision	geom geometry(Mult
1	1	01	1.17	1.033322496	1.140553627	1.078237951	1.209500299	0.557824218	0.569703469	188683.71	01060000204
2	2	02	1.17	1.120750255	1.170146535	0.905587732	0.994650256	0.468503977	0.468503977	282892.9	01060000204
3	3	03	1.16	0.981933282	0.941522504	1.000759912	0.966760835	0.517741112	0.455367395	212826.82	01060000204
4	4	04	1.2	1.118112962	1.185240864	1.118557451	1.224660616	0.578683430	0.576844339	268284.92	01060000204
5	5	05	1.17	0.923953335	0.981766379	0.982574949	1.102191491	0.508333158	0.519158462	380335.3	01060000204
6	6	06	1.2	0.938064023	1.040465909	0.871739521	0.957473149	0.450992674	0.450992674	261502.69	01060000204
7	7	07	1.22	0.928119316	1.049697455	0.829531123	0.994301643	0.429156245	0.468339773	283342.31	01060000204
8	8	08	1.17	1.117809924	1.171995744	1.103092572	1.178141032	0.570682706	0.554932506	303361.78	01060000204
9	9	09	1.17	1.087513361	1.060871849	1.029510477	0.887090348	0.532615158	0.417840697	349386.27	01060000204
10	10	10	1.15	0.955563817	0.880885194	0.785476059	0.714595917	0.406364447	0.336591709	295648.59	01060000204
11	11	11	1.14	0.836967858	0.737272441	0.790710819	0.735101784	0.409072639	0.346250461	170415.28	01060000204
12	12	12	1.01	0.758034242	0.640550701	0.723671780	0.613361660	0.374390128	0.288907961	517099.09	01060000204
13	13	13	1.13	1.041968353	0.939761358	1.009418301	0.876180202	0.522220512	0.412701758	319216.83	01060000204
14	14	14	0.92	1.017259924	0.968697868	0.967831316	0.850323835	0.500705569	0.400522793	507359.43	01060000204
15	15	15	0.87	1.043584300	1.013356944	1.344125866	1.305404057	0.695380792	0.614876424	204630.38	01060000204
16	16	16	0.57	0.907457462	0.821034146	0.864088638	0.793856292	0.447034505	0.373925235	415133.47	01060000204
17	17	17	0.82	0.885760303	0.807611665	0.954063426	0.899858732	0.493582780	0.423854910	897327.43	01060000204
18	18	18	0.64	0.851793123	0.759748113	0.990127596	0.899858732	0.512240504	0.423854910	371796.96	01060000204
19	19	19	1.17	1.084279386	1.053815489	0.943608424	0.843085176	0.488173905	0.397113212	276316.64	01060000204

3.12. Фрагмент екранної форми таблиці *block_ocr* з результатами обчислення а інтегральної функції бажаності та індексів стану довкілля оціночних районів м. Дрогобич прикладними SQL-функціями *_ocr_eval* та *_block_skc*

Таблиці результатів обчислення індексів стану довкілля для усіх ОСР за результатами усіх чотирьох варіантів геоінформаційного моделювання інтегральної функції бажаності ОЯМС подано в додатку Б.1.

3.5 Аналіз результатів обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС

В роботі виконано попарне порівняння значень індексу довкілля ОЦР м. Дрогобич, отриманих за результатами чотирьох варіантів геоінформаційного моделювання інтегральної функції бажаності (ІФБ) ОЯМС із значеннями показника за експертним методом в проєкті нормативної грошової оцінки земель міста. Експертні значення індексу довкілля ОЦР (рис. 3.13) надані як вхідні дані для аналізу та використовуються як база для порівняння значень індексу довкілля ОЦР, отриманих в роботі.

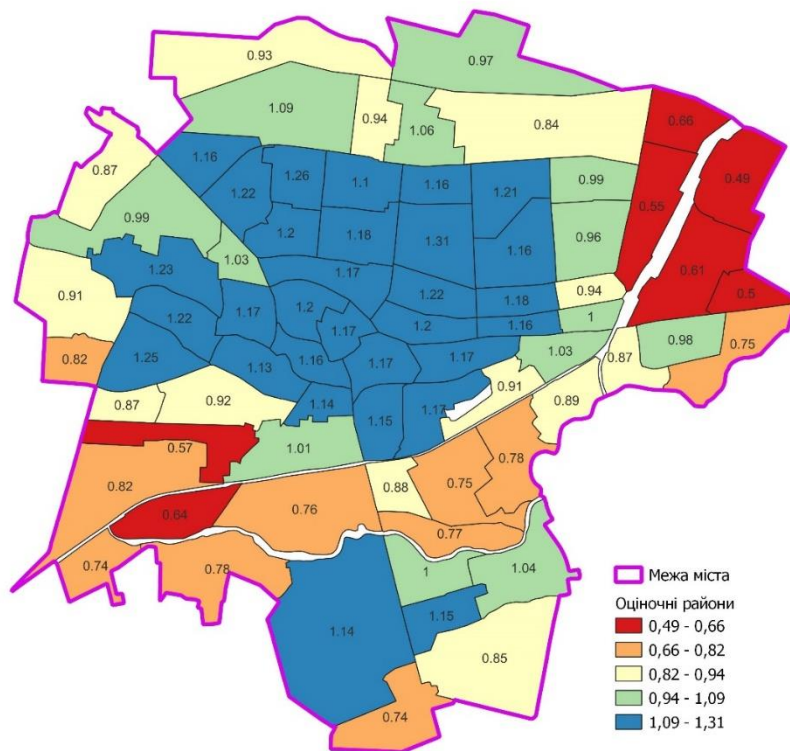


Рис. 3.13. Карта розподілу кварталів міста за експертною оцінкою

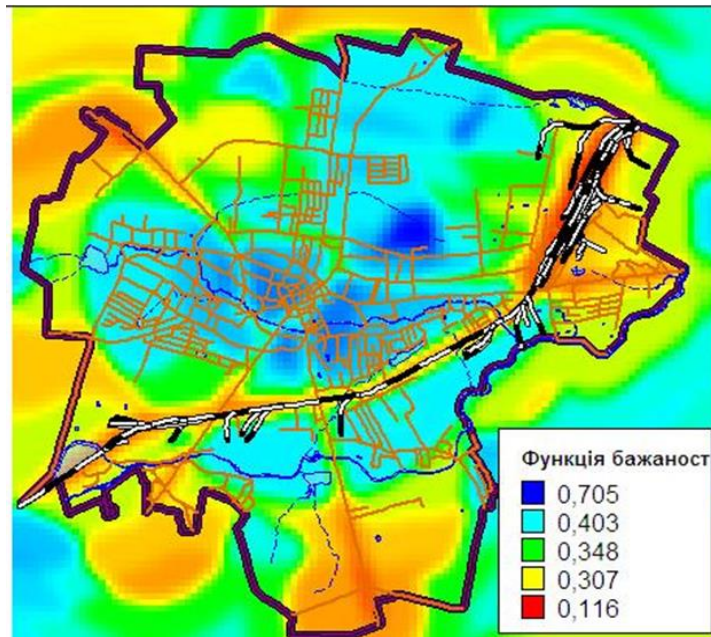


Рис.3.14. Тематична карта результату функції `_grid_eval()`

Карту складено за результатами функції `_grid_eval()` за атрибутом *kc*. Темно-червоному відповідає найгірший показник від 0,16 до 0, а голубому відповідає навпаки найкращий показник від 0,57 до 0,83.

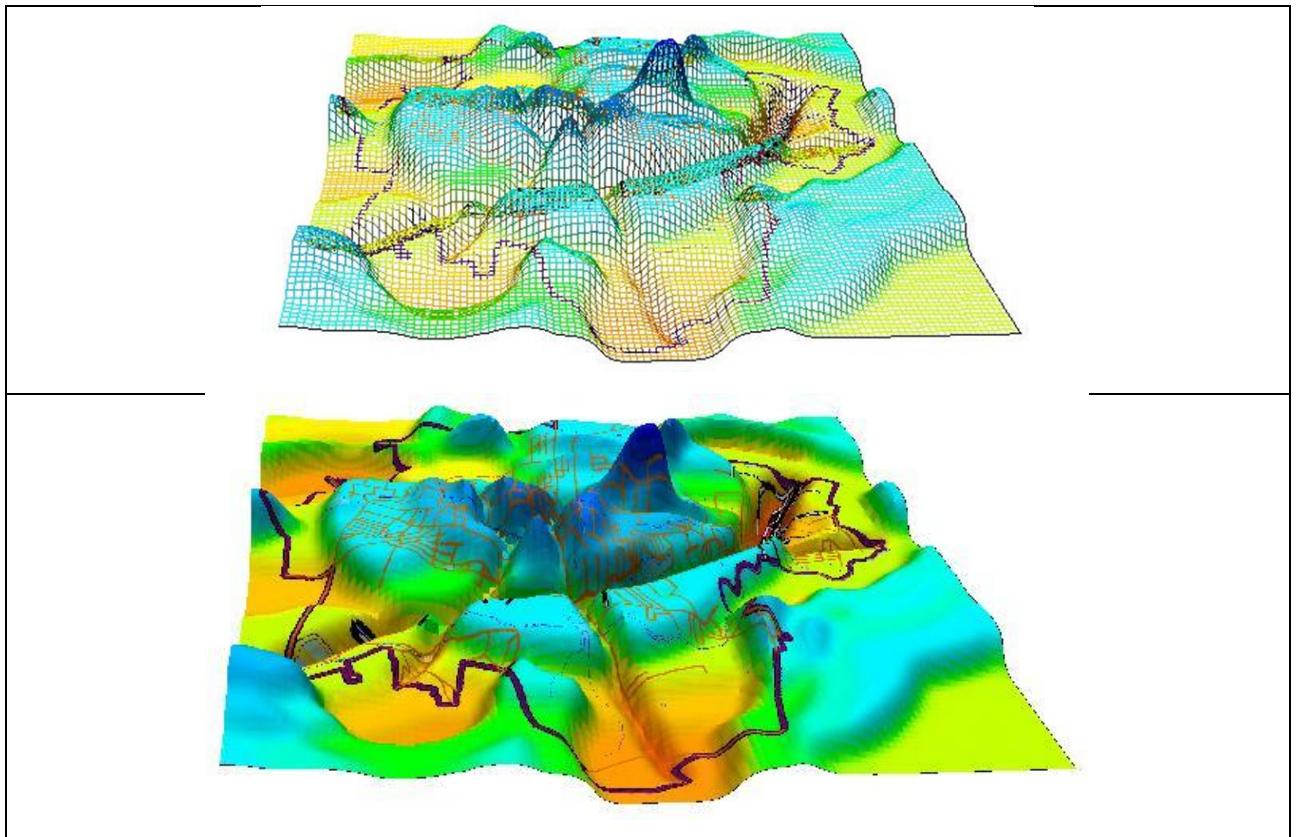


Рис. 3.15. Приклади зображення GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС міста Дрогобич

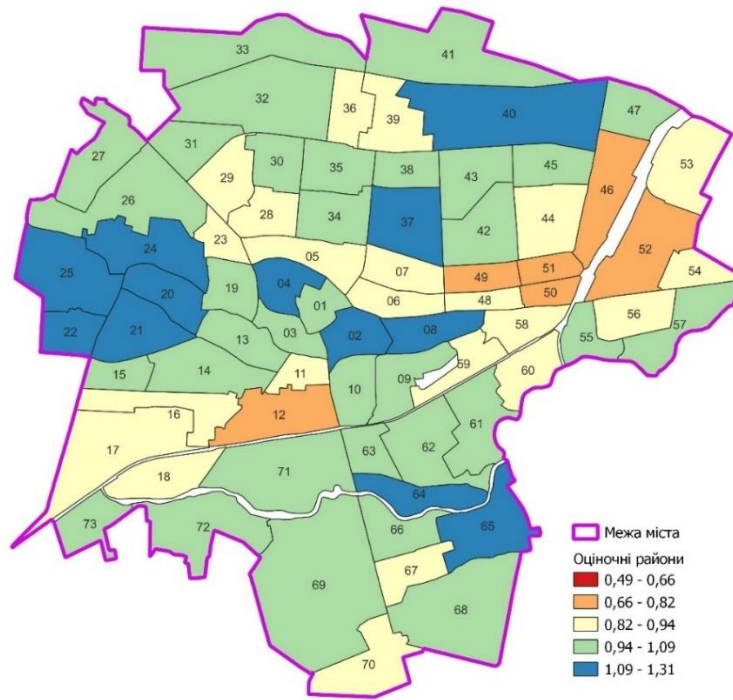


Рис. 3.16. Тематична карта розподілу ОЦР м. Дрогобич за індексом якості довкілля за результатами моделювання полігональної моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС

Для порівняння результатів моделювання обчислювалися відхилення індексів якості довкілля для чотирьох варіантів моделювання від експертного оцінювання показника. Для цього створено таблицю відхилень, значення яких обчислено в QGIS з використанням засобу *Калькулятор полів*, а саме:

$R1 = (E0 - G1)$ – відхилення індексу довкілля ОЦР $G1$, обчисленого за GRID-моделлю поверхні ІФБ *eco_grid*, від індексу довкілля ОЦР за експертним методом ($E0$);

$R2 = (E0 - G2)$ – відхилення індексу довкілля ОЦР $G1$, обчисленого за GRID-моделлю поверхні ІФБ *eco_grid_k*, від індексу довкілля ОЦР за експертним методом ($E0$);

$R3 = (E0 - P1)$ – відхилення індексу довкілля ОЦР $P1$, обчисленого за полігональною моделлю ІФБ функцією *_ocr_indx*, від індексу довкілля ОЦР за експертним методом ($E0$);

$R4 = (E0 - P2)$ – відхилення індексу довкілля ОЦР $P1$, обчисленого за полігональною моделлю ІФБ функцією $_ocr_indx_k$, від індексу довкілля ОЦР за експертним методом ($E0$);

$R5 = (G1 - G2)$ – відхилення індексів довкілля ОЦР $G1$ та $G2$ за результатами двох варіантів GRID-моделювання ІФБ;

$R6 = (G1 - P1)$ – відхилення між індексами $G1$ та $P1$;

$R7 = (G2 - P2)$ – відхилення між індексами $G2$ та $P2$;

$R8 = (P1 - P2)$ – відхилення між індексами $P1$ та $P2$;

	gid integer	codito character vary	r1 double precisio	r2 double precisio	r3 double precisio	r4 double precisio	r5 double precisio	r6 double precisio	r7 double precisio	r8 double precisio	geom geometry(M
1	1	01	0.136677503	0.029446372	0.091762048	-0.03950029	-0.10723113	-0.04491545	-0.06894667	-0.13126234	010600002
2	2	02	0.049249744	-0.00014653	0.264412267	0.175349743	-0.04939627	0.215162523	0.175496278	-0.08906252	010600002
3	3	03	0.178066717	0.218477495	0.159240087	0.193239164	0.040410777	-0.01882663	-0.02523833	0.033999076	010600002
4	4	04	0.081887037	0.014759135	0.081442548	-0.02466061	-0.06712790	-0.00044448	-0.03941975	-0.10610316	010600002
5	5	05	0.246046664	0.188233620	0.187425050	0.067808508	-0.05781304	-0.05862161	-0.12042511	-0.11961654	010600002
6	6	06	0.261935976	0.159534090	0.328260478	0.242526850	-0.10240188	0.066324501	0.082992760	-0.08573362	010600002
7	7	07	0.291880683	0.170302544	0.390468876	0.225698356	-0.12157813	0.098588192	0.055395811	-0.16477052	010600002
8	8	08	0.052190075	-0.00199574	0.066907427	-0.00814103	-0.05418581	0.014717352	-0.00614528	-0.07504845	010600002
9	9	09	0.082486638	0.109128150	0.140489522	0.282909651	0.026641511	0.058002883	0.173781501	0.142420129	010600002
10	10	10	0.194436182	0.269114805	0.364523940	0.435404082	0.074678623	0.170087758	0.166289276	0.070880141	010600002
11	11	11	0.303032141	0.402727558	0.349289180	0.404898215	0.099695417	0.046257039	0.002170657	0.055609035	010600002
12	12	12	0.251965757	0.369449298	0.286328219	0.396638339	0.117483540	0.034362462	0.027189041	0.110310120	010600002
13	13	13	0.088031646	0.190238641	0.120581698	0.253819797	0.102206995	0.032550052	0.063581155	0.133238098	010600002
14	14	14	-0.09725992	-0.04869786	-0.04783131	0.069676164	0.048562055	0.049428608	0.118374033	0.117507481	010600002
15	15	15	-0.17358430	-0.14335694	-0.47412586	-0.43540405	0.030227356	-0.30054156	-0.29204711	0.038721809	010600002
16	16	16	-0.33745746	-0.25103414	-0.29408863	-0.22385629	0.086423315	0.043368824	0.027177854	0.070232345	010600002
17	17	17	-0.06576030	0.012388334	-0.13406342	-0.07985873	0.078148638	-0.06830312	-0.09224706	0.054204693	010600002
18	18	18	-0.21179312	-0.11974811	-0.35012759	-0.25985873	0.092045009	-0.13833447	-0.14011061	0.090268863	010600002
19	19	19	0.085720613	0.116184510	0.226391575	0.326914823	0.030463897	0.140670961	0.210730312	0.100523248	010600002

Рис. 3.17. Фрагмент екранної форми порівняння індексів якості довкілля ОЦР м. Дрогобич, обчислених за чотирма варіантами геоінформаційних моделей інтегральної функції бажаності ОЯМС

Повну таблицю відхилень подано у додатку В.2.

Результати аналізу стандартної статистики для числових полів усіх відхилень між парами варіантів моделювання подано в табл. 3.6.

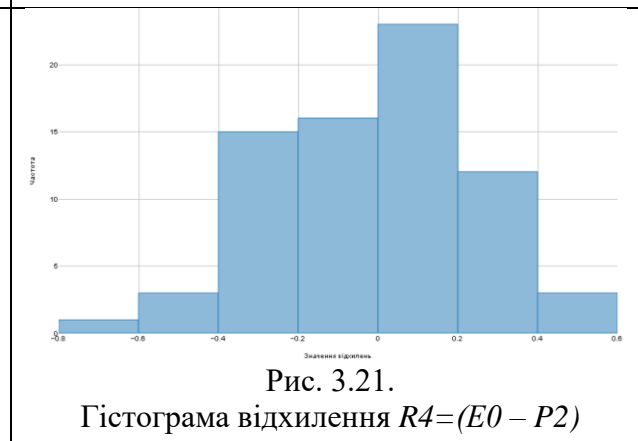
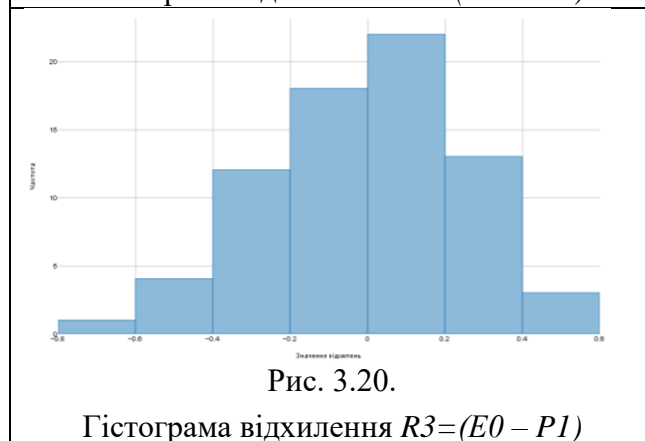
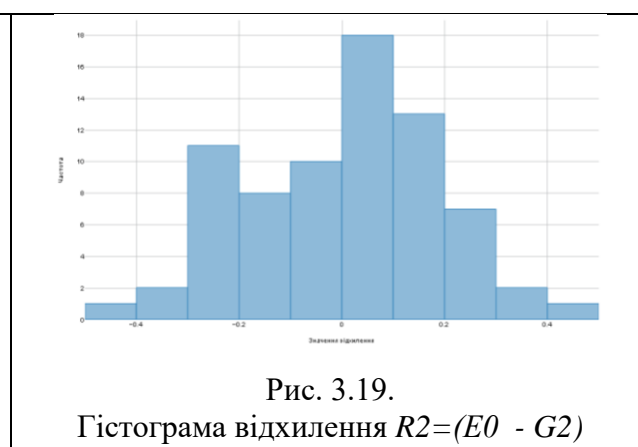
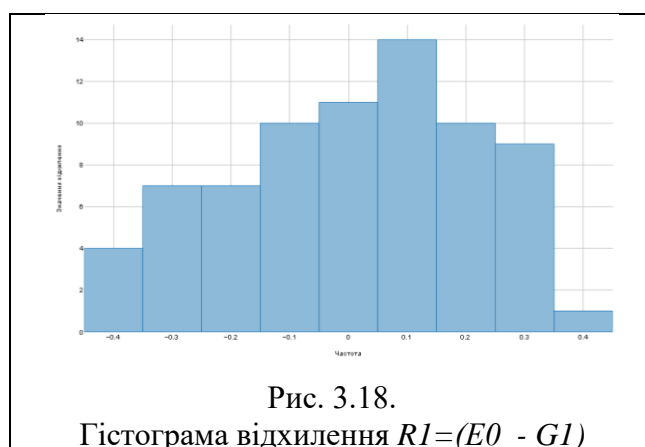
Гістограми розподілу відхилень подано на рисунках 3.18 – 3.25.

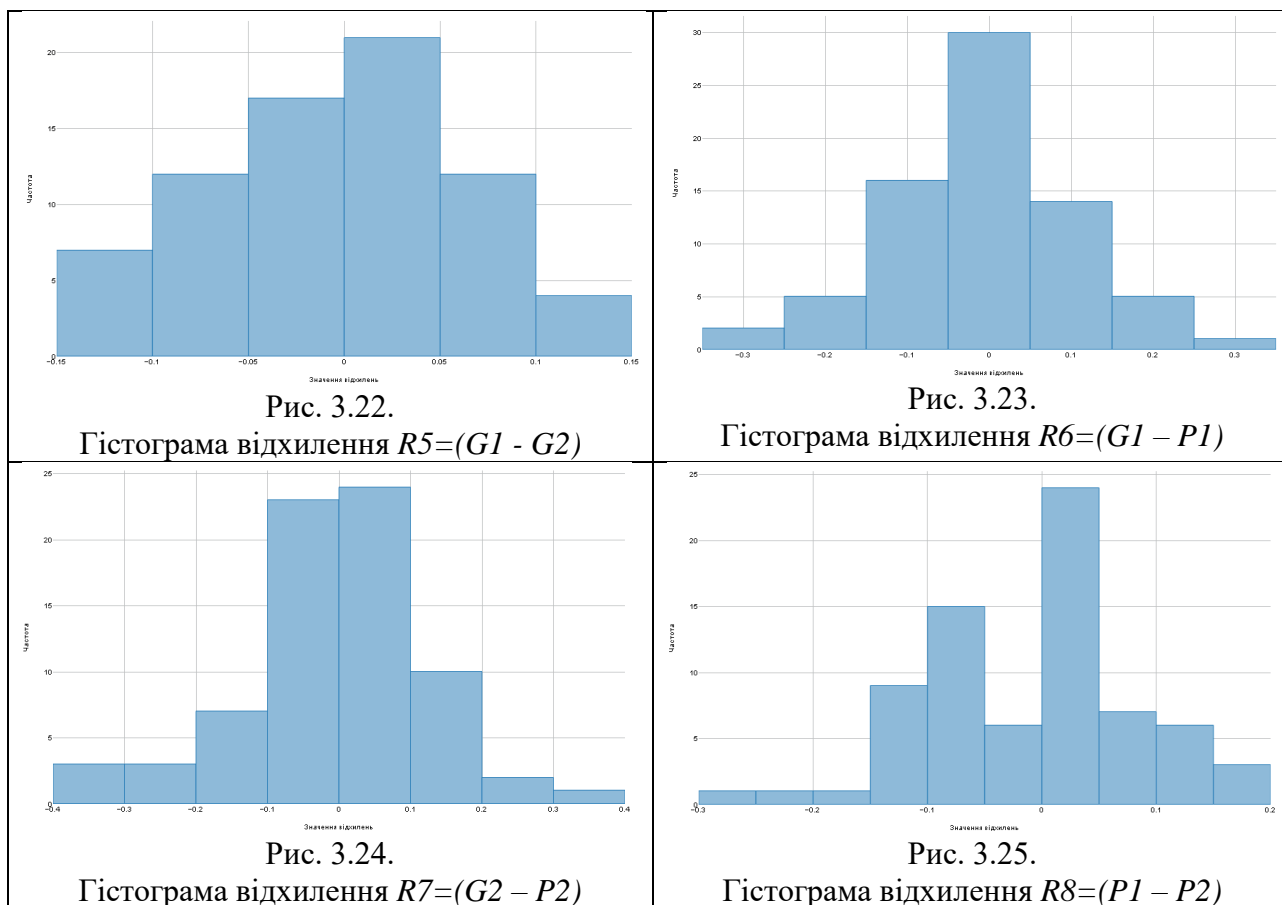
Статистику абсолютних значень відхилень подано в табл. 3.7.

Картограми розподілу ОЦР за абсолютними значеннями відхилень подано на рис. 3.26.

Стандартна статистика відхилень значень індексів якості довкілля ОЦР

Відхилення для попарного порівняння результатів за варіантами моделювання	Показники стандартної статистики						
	Кількість	Середнє	Медіана	Мінімум	Максимум	СКВ	Дисперсія
$R1=(E0 - G1)$	73	0.0014	0.047	-0.405	0.399	0.2015	0.804
$R2=(E0 - G2)$	73	-0.0010	0.011	-0.418	0.403	0.1816	0.821
$R3=(E0 - P1)$	73	-0.0009	0.045	-0.626	0.505	0.2458	1.131
$R4=(E0 - P2)$	73	-0.0105	0.006	-0.693	0.435	0.2402	1.128
$R5=(G1 - G2)$	73	-0.0026	0.002	-0.143	0.131	0.0666	0.274
$R6=(G1 - P1)$	73	-0.0023	0	-0.301	0.332	0.1095	0.633
$R7=(G2 - P2)$	73	-0.0094	0	-0.396	0.376	0.1340	0.772
$R8=(P1 - P2)$	73	-0.712	0.027	-0.276	0.163	0.0903	0.439



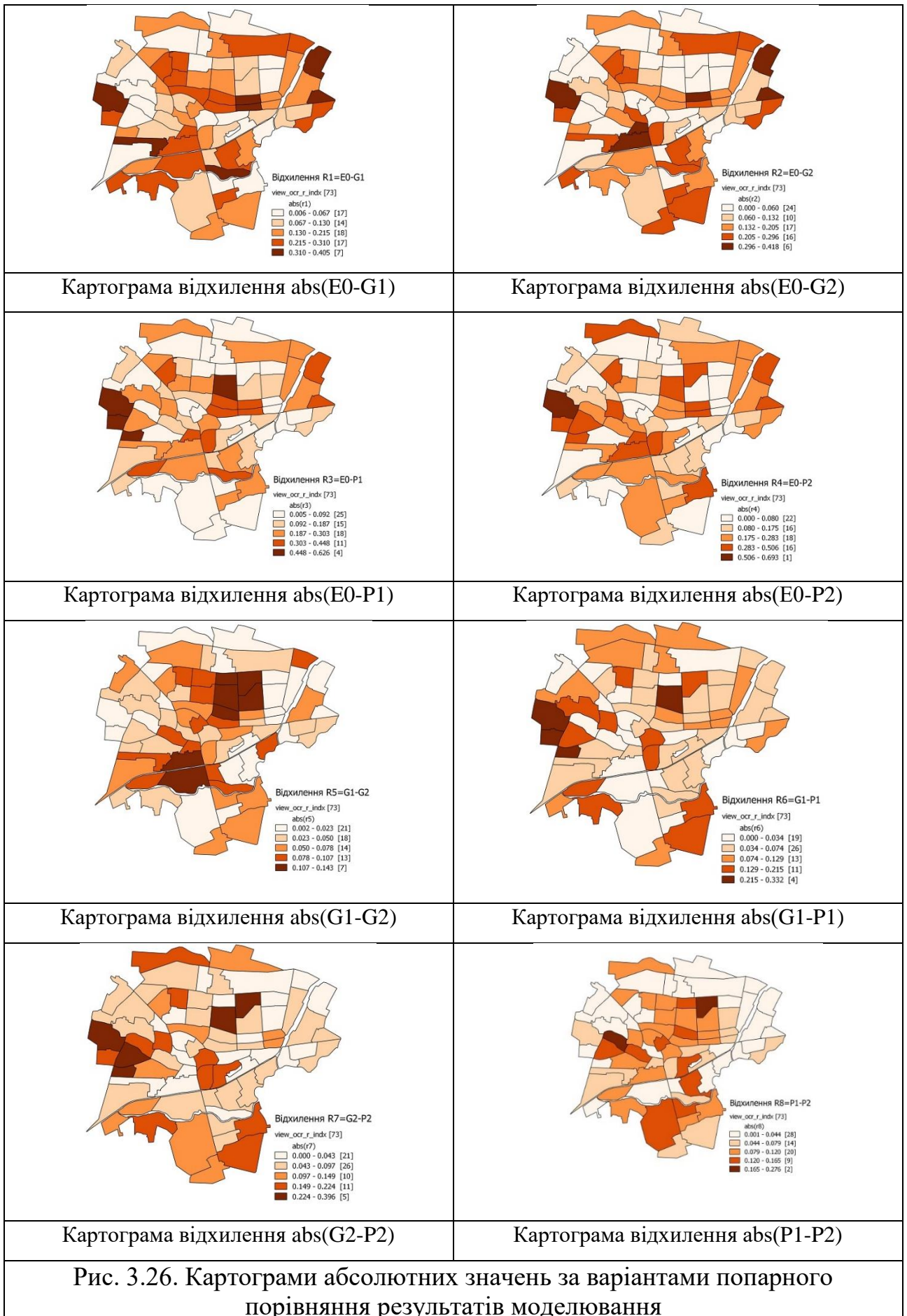


Таблиця 3.7

Статистика абсолютних значень відхилень

Варіанти відхилень	Середнє значення	Min	Max
$R1=(E0 - G1)$	0.171	0.006	0.405
$R2=(E0 - G2)$	0.149	0.00001	0.418
$R3=(E0 - P1)$	0.198	0.005	0.626
$R4=(E0 - P2)$	0.149	0.00001	0.418
$R5=(G1 - G2)$	0.055	0.002	0.143
$R6=(G1 - P1)$	0.082	0.00001	0.332
$R7=(G2 - P2)$	0.101	0.00001	0.396
$R8=(P1 - P2)$	0.075	0.001	0.276

Розподіл значень за інтервалами абсолютних відхилень для варіантів пар порівняння результатів моделювання індексів довкілля ОЦР подано в табл. 3.8.



Розподіл числа значень за інтервалами абсолютних відхилень для варіантів пар порівняння результатів моделювання індексів довкілля ОЦР

Інтервал відхилення	Число значень в інтервалі для пар порівняння індексів довкілля ОЦР							
	<i>E0-G1</i>	<i>E0-G2</i>	<i>E0-P1</i>	<i>E0-P2</i>	<i>G1 - G2</i>	<i>G1 - P1</i>	<i>G2 - P2</i>	<i>P1 - P2</i>
[0,00001;0,1]	27	28	25	25	63	53	47	52
[0,1; 0,2]	19	21	15	14	10	14	17	19
[0,2; 0,3]	18	18	17	17	0	4	5	2
[0,3; 0,4]	8	4	8	10	0	2	4	
[0,4; 0,5]	1	2	5	5	0	0	0	0
[0,5; 0,6]	0	0	2	1	0	0	0	0
> 0,6	0	0	1	1	0	0	0	0
Сума та відсоток	64	69	57	56	63	53	47	52
задовільного збігу значень	87,67%	94,52%	78,08%	76,71%	86,3%	72,6%	64,38%	71,23%

В табл. 3.8 кольором виділено значення для інтервалів абсолютних відхилень, які можна вважати задовільним збігом, зважаючи на те, що базисом порівняння є експертне значення індексу довкілля ОЦР м. Дрогобич, а не аналітичне значення за натурними спостереженнями стану довкілля.

Поміж варіантів моделей найкращий збіг з експертними оцінками (94.52%) спостерігається для GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності з використанням часткових функцій для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу.

Досить високий збіг результатів на рівні 86,3% спостерігається для двох варіантів GRID-моделі поверхні ІФБ, менший рівень збігу має місце для полігональних моделей поверхні ІФБ в порівнянні як з результатами GRID-моделювання (64,38% та 72,6%), так і в порівнянні між двома варіантами полігональної моделі поверхні ІФБ (71,23%). Разом з цим варто зауважити, що формування полігональних моделей набагато швидше за часом (близько 4.0 сек для 73 ОЦР) в порівнянні з GRID-моделями близько 3 хв. для 92 352 чарунок.

Висновки до розділу 3

1. Сплановано та проведено обчислювальний експеримент, результати якого підтвердили коректну реалізацію прикладних SQL функцій для геоінформаційного моделювання оцінки якості міського середовища в ОР СКБД PostgreSQL/PostGIS.

2. На прикладі території м. Дрогобич виконано оцінку якості міського середовища за чотирма варіантами геоінформаційних моделей поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС.

3. Порівняльний аналіз результатів моделювання індексу якості довкілля оціночних районів м. Дрогобич з експертною оцінкою цього показника показали прийнятну для практичного застосування збіжність результатів за статистичним аналізом відхилень при попарному порівнянні варіантів моделювання.

4. Очікувано, що результати за варіантом GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в поєднанні з частковими функціями бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу мають найкращу збіжність з базовою експертною оцінкою.

5. Разом з цим варіанти полігонального покриття моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС мають прийнятну для практики збіжність з базовою експертною оцінкою, але на порядок потребують менше часу на моделювання, що дає підстави рекомендувати ці методи для оперативної експрес оцінки якості міського середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі виконано узагальнення та на прикладі міста Дрогобич отримано практичні результати щодо дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням відкритої інструментальної ГІС PostgreSQL, зокрема:

1) за результатами аналізу стану і тенденції розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища та класифікації геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища

встановлено, що в сучасних системах для ОЯМС найширше застосовуються моделі з використанням часткових та інтегральної функції бажаності Харрінгтона для врахування впливу антропогенних та природних об'єктів на довкілля;

2) розроблено компоненти методичного забезпечення дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС, а саме: структурно-функціональна модель ГС ОЯМС, концептуальна модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних системи, схеми алгоритмів формування варіантів GRID та полігональної моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС;

3) розроблено логічну модель бази геопросторових даних та схеми реалізації прикладних SQL-функцій для формування GRID та полігональної моделі поверхні ІФБ ОЯМС в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS;

4) на прикладі м. Дрогобич проведено обчислювальний експеримент дослідження чотирьох варіантів геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням GRID та полігональної моделі поверхні ІФБ в комбінації з частковими функціями бажаності для врахування впливу класів та підкласів антропогенних та природних об'єктів на довкілля;

5) за результатами обчислювального експерименту на реальних даних про об'єкти впливу на довкілля міста Дрогобич отримано оцінки збіжності для геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням варіантів GRID та полігональної моделі поверхні інтегральної функції бажаності;

6) результати за варіантом GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в поєднанні з частковими функціями бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу мають найкращу збіжність з базовою експертною оцінкою;

7) реалізація програмних SQL-функцій геоінформаційного моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL/PostGIS забезпечує можливість для їх широкого практичного використання;

8) подальші дослідження пов'язані з поліпшенням моделей часткових функцій бажаності для врахування впливу антропогенних та природних об'єктів на якість міського середовища, а також дослідження моделей на прикладі міст і територіальних громад різної величини із різних регіонах країни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 20.03.2018 р. № 2354-VIII. ВВР, 2018, № 16, ст.138. Поточна редакція із змінами, внесеними згідно із Законом № 2389-IX від 09.07.2022. [Електронний ресурс]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> .
2. Про Державний земельний кадастр: Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI. ВВР, 2012, № 8, ст.61. Поточна редакція від 16.10.2020. [Електронний ресурс]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>.
3. Про землеустрій: Закон України від 22.05. 2003 р. № 858-IV. ВВР, 2003, № 36, ст.282. Поточна редакція від 16.10.2020. [Електронний ресурс]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>.
4. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 24.02.1994 р. N 4005-XII. ВВР, 1994, № 27, ст.219. Поточна редакція від 16.10.2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> .
5. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. 1264-XII. ВВР, 1991, № 41, ст.546. Поточна редакція від 16.10.2020 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> ..
6. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 16.10.1992р. 2707-XII. ВВР, 1992, № 50, ст.678. Поточна редакція від 16.10.2020 р. [Електронний ресурс]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> .
7. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 8.02.1995 р. № 39/95-ВРN 4005-XII. ВВР, 1995, № 12, ст.81. Поточна редакція від 03.07.2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-вр#Text>.
8. Про видобування і переробку уранових руд: Закон України від 19.07.1997 р. № 39/95-ВРN 4005-XII. ВВР, 1998, № 11-12, ст.3. Поточна редакція від 24.11.2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/645/97-вр#Text>.

9. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 р. N 645/97-ВР. ВВР, 2017, № 27-28, ст.312. Поточна редакція від 17.10.2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#top>.

10. Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів: Закон України від 9.07. 2010 р. N 2480-VI. ВВР, 2011, № 1, ст.1. Поточна редакція від 01.01.2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2480-17#Text>.

11. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 р. N 3038-V. ВВР, 2011, № 34, ст.343. Поточна редакція від 16.10.2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>.

12. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені наказом МОЗ України № 173 від 19.06.1996. Поточна редакція від 07.03.2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>.

13. Порядок ведення Державного земельного кадастру. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 р. № 1051. Поточна редакція від 16.10.2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п#n1350>.

14. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 184 с.

15. ДБН Б.1.1-16:2013 Склад та зміст містобудівного кадастру. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 57 с.

16. ДСТУ ISO 19110:2017 (ISO 19110:2016, IDT) Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів. Чинний з 01.10.2017 р.

17. ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних. Чинний з 01.07.2019 р.

18. Волчко, Є.П. Геоінформаційні моделі та методи врахування екологічних факторів на грошову оцінку земельних ділянок / Є.П. Волчко, А.А.

Лященко // Містобудування та територіальне планування. – 2010. – Вип. 36. – С. 57-67.

19. Лященко А. А., Рунець Р.М. Онтологічний підхід до створення каталогу бази топографічних даних // Інженерна геодезія. – 2008. Вип. 54. – С. 116 – 123.

20. Лященко А. А. Нечіткі геоінформаційні моделі прояву екологічних факторів та їх впливу на грошову оцінку земельних ділянок. / А. А. Лященко, Є. П. Волчко, Ю. В. Кравченко // Вісник геодезії та картографії, 2012. Вип. 1 (76). С. 37-43.

21. Максимова Ю. С. Використання нечіткої оцінки впливу для оцінювання якості середовища / Ю.С. Максимова, О.Ю. Бойко // Геодезія, картографія і аерофотознімання, 2021. Вип. 93, с. 59 – 71..

22. Огородник І. Концепція управління якістю міського середовища великого міста / І. Огородник, Т. Огородник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2014. – № 800. – С. 45-51. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2014_800_9.

23. Свидзинська Д. В., Бруй А. С. Основи QGIS. – К.: КНУ ім. Т.Г. Шевченка. – 2011. – 86 с.

24. Статюха, Г.О. Алгоритм прийняття рішень при оцінюванні впливів на навколишнє середовище / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг, І.Б. Абрамов // Вісн. Він. політехн. ін-ту. – 2006. – № 5. – С. 119-123.

25. Harrington E. C. (1965). The Desirability Function. Industrial Quality Control, 494–498.

26. Rudner M. and other. Integrated Grid Based Ecological and Economic (INGRID) landscape model – A tool to support landscape management decisions. Environmental Modelling and Software, 2007. Вип. 22(2). С. 177-187 DOI: 10.1016/j.envsoft.2005.07.016.

27. Santamouris M. Cooling the cities. Rafrachir les Villes / Santamouris M – Paris, Ecole des Mines de Paris– 2004.

28. Stanovskiy O. and other. Procedure for impact assessing on the environment. Proceedings of Odessa Polytechnic University, 2018. Вип. 1(54). С. 99-107. DOI: 10.15276/opu.1.54.2018.14.

29. Sludmore, A.K. Environment Modelling with GIS and Remote Sensing [A.K. Sludmore. – London: Taylor & Francis Group, 2002. – 259 p.

30. The Natural Capital Project (2019). InVEST, user's guide. URL: http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/habitat_quality.html#the-model.

31. Vogiatzakis N. (2003). GIS-based Modelling and Ecology: A Review of Tools and Methods.

ДОДАТОК А. ТЕКСТИ РОЗРОБЛЕНИХ SQL-ФУНКЦІЙ

А.1 Функція *_grid_eval* для формування GRID-моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу

```

-- Function: _grid_eval()
-- DROP FUNCTION _grid_eval();
-- Призначена для обчислення моделі eco_grid поверхні
-- інтегральної функції бажаностіХаррінгтона для оцінювання
-- якості довкілля за методом найбличого сусідства чарунок
-- моделі до об'єктів впливу та загальних функцій оцінювання
-- впливу на рівні класів об'єктів впливу
CREATE OR REPLACE FUNCTION _grid_eval()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
si1 double precision;
si2 double precision;
si3 double precision;
si4 double precision;
si5 double precision;
koef1 double precision;
koef2 double precision;
koef3 double precision;
koef4 double precision;
koef5 double precision;
i record;
  BEGIN
--Вибірка усіх чарунок по черзі
  FOR i in (SELECT gid FROM eco_grid)
  loop
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу підприємств
    si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
  FROM eco_grid g, prom_zones h
  where g.gid=i.gid);
    koef1=CASE
  WHEN si1<=25 THEN 0.38
  WHEN si1>25 and si1<=1000 THEN (0.38+0.52*si1/1000)
  else 0.9
  end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу кладовищ
    si2=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))

```

```

FROM eco_grid g, cemetery h
where g.gid=i.gid);
koef2=CASE
WHEN si2<=50 THEN 0.2
WHEN si2>50 and si2<=500 THEN (0.2+0.8*si2/500)
else 1
end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від транспортних магістралей
si3=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid g, transport_zone h
where g.gid=i.gid);
koef3=CASE
WHEN si3<=25 THEN 0.2
WHEN si3>25 and si3<=300 THEN (0.2+0.7*si3/300)
else 0.9
end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу парків
si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid g, green_zones h
where g.gid=i.gid);
koef4=CASE
WHEN si4<=50 THEN 0.9
WHEN si4>50 and si4<=1000 THEN (0.9-0.52*si4/1000)
else 0.38
end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу водних об'єктів
si5=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid g, hydro_zone h
where g.gid=i.gid);
koef5=CASE
WHEN si5<=50 THEN 0.9
WHEN si5>50 and si5<=500 THEN (0.9-0.52*si5/500)
else 0.38
end;
update eco_grid
set k1=koef1, k2=koef2,k3=koef3,
k4=koef4,k5=koef5,kc=(koef1*koef2*koef3*koef4*koef5)^0.2
where gid=i.gid;
end loop;
return 'Done';
END;
$BODY$

```

```

LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
ALTER FUNCTION _grid_eval()
OWNER TO postgres;

```

A.2 Функція *_grid_eval_k* для формування GRID-моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для категорій класів об'єктів впливу

```

-- Function: _grid_eval_k()
-- DROP FUNCTION _grid_eval_k();

-- Призначена для обчислення GRID поверхні функції бажаності
-- за методом найближчого сусідства чарунок сітки до об'єктів
-- впливу з урахуванням категорії промислових зон та зелених зон
-- за "потужністю" їх впливу

CREATE OR REPLACE FUNCTION _grid_eval_k()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
si1 double precision;
si2 double precision;
si3 double precision;
si4 double precision;
si5 double precision;
koef double precision;
koef1 double precision;
koef2 double precision;
koef3 double precision;
koef4 double precision;
koef5 double precision;
i record;
  BEGIN
--Вибірка усіх чарунок по черзі
  FOR i in (SELECT gid FROM eco_grid_k)
  loop
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу
-- підприємств з урахуванням класу/розміру С33
-- С33 5 класу - 50 м
    si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=5);

```

```

koef1=CASE
WHEN si1<=25 THEN 0.38
WHEN si1>25 and si1<=100 THEN (0.38+0.52*si1/100)
else 0.9
end;
-- C33 4 класу - 100 м
si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=4);
koef=CASE
WHEN si1<=50 THEN 0.38
WHEN si1>50 and si1<=200 THEN (0.38+0.52*si1/200)
else 0.9
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
-- C33 3 класу - 300 м
si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=3);
koef=CASE
WHEN si1<=100 THEN 0.25
WHEN si1>100 and si1<=600 THEN (0.25+0.6*si1/600)
else 0.85
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
-- C33 2 класу 500 м
si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=2);
koef=CASE
WHEN si1<=125 THEN 0.2
WHEN si1>125 and si1<=1000 THEN (0.2+0.6*si1/1000)
else 0.8
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
-- C33 1 класу - 1000 м
si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=1);
koef=CASE
WHEN si1<=200 THEN 0.1
WHEN si1>200 and si1<=2000 THEN (0.2+0.6*si1/2000)

```

```

else 0.8
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу кладовищ
    si2=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, cemetery h
where g.gid=i.gid);
koef2=CASE
WHEN si2<=50 THEN 0.2
WHEN si2>50 and si2<=500 THEN (0.2+0.8*si2/500)
else 1
end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від транспортних магістралей
si3=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, transport_zone h
where g.gid=i.gid);
koef3=CASE
WHEN si3<=25 THEN 0.2
WHEN si3>25 and si3<=300 THEN (0.2+0.7*si3/300)
else 0.9
end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу парків
-- з урахуванням категорії парку
-- для вищої третьої категорії
si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=3);
koef4=CASE
WHEN si4<=100 THEN 1
WHEN si4>100 and si4<=1000 THEN (1-0.62*si4/1000)
else 0.38
end;
--для другої категорії
si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=2);
koef=CASE
WHEN si4<=100 THEN 1
WHEN si4>100 and si4<=500 THEN (1-0.62*si4/500)
else 0.38
end;
If koef>koef4 then koef4=koef;
end if;
--для першої категорії

```

```

si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=1);
koef=CASE
WHEN si4<=50 THEN 0.9
WHEN si4>50 and si4<=300 THEN (0.9-0.52*si4/300)
else 0.38
end;
If koef>koef4 then koef4=koef;
end if;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу водних об'єктів
si5=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid_k g, hydro_zone h
where g.gid=i.gid);
koef5=CASE
WHEN si5<=50 THEN 0.9
WHEN si5>50 and si5<=500 THEN (0.9-0.52*si5/500)
else 0.38
end;
update eco_grid_k
set
                                k1=koef1,
                                k2=koef2,k3=koef3,
k4=koef4,k5=koef5,kc=(koef1*koef2*koef3*koef4*koef5)^0.2
where gid=i.gid;
end loop;
return 'Done';
END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
ALTER FUNCTION _grid_eval_k()
OWNER TO postgres;

```

A.3 Функція *_ocr_eval* для формування полігональної моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для класів об'єктів впливу

```

-- Function: _ocr_eval()
-- DROP FUNCTION _ocr_eval();
-- призначена для обчислення функції бажаності як оцінки
-- якості довкілля за методом найближчого сусідства
-- оціночних районів ОЦР до об'єктів
-- впливу та використанням загальних функцій бажаності на рівні
-- класів об'єктів впливу

CREATE OR REPLACE FUNCTION _ocr_eval()
RETURNS text AS

```

```

$BODY$
DECLARE
si1 double precision;
si2 double precision;
si3 double precision;
si4 double precision;
si5 double precision;
koef1 double precision;
koef2 double precision;
koef3 double precision;
koef4 double precision;
koef5 double precision;
i record;
    BEGIN
--Вибірка усіх чарунок по черзі
    FOR i in (SELECT gid FROM blocks_ocr)
    loop
--Оцінка стану довкілля для кварталу від впливу підприємств
        si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
        FROM blocks_ocr g, prom_zones h
        where g.gid=i.gid);
        koef1=CASE
        WHEN si1<=25 THEN 0.38
        WHEN si1>25 and si1<=1000 THEN (0.38+0.52*si1/1000)
        else 0.9
        end;
--Оцінка стану довкілля для кварталу від впливу кладовищ
        si2=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
        FROM blocks_ocr g, cemetery h
        where g.gid=i.gid);
        koef2=CASE
        WHEN si2<=50 THEN 0.2
        WHEN si2>50 and si2<=500 THEN (0.2+0.8*si2/500)
        else 1
        end;
--Оцінка стану довкілля для кварталу від транспортних магістралей
        si3=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
        FROM blocks_ocr g, transport_zone h
        where g.gid=i.gid);
        koef3=CASE
        WHEN si3<=25 THEN 0.2
        WHEN si3>25 and si3<=300 THEN (0.2+0.7*si3/300)
        else 0.9
        end;
--Оцінка стану довкілля для кварталу від впливу парків

```

```

si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, green_zones h
where g.gid=i.gid);
koef4=CASE
WHEN si4<=50 THEN 0.9
WHEN si4>50 and si4<=1000 THEN (0.9-0.52*si4/1000)
else 0.38
end;
--Оцінка стану довкілля для кварталу від впливу водних об'єктів
si5=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, hydro_zone h
where g.gid=i.gid);
koef5=CASE
WHEN si5<=50 THEN 0.9
WHEN si5>50 and si5<=500 THEN (0.9-0.52*si5/500)
else 0.38
end;
update blocks_ocr
set bl_d3=(koef1*koef2*koef3*koef4*koef5)^0.2
where gid=i.gid;
end loop;
return 'Done';
END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
ALTER FUNCTION _ocr_eval()
OWNER TO postgres;

```

А.4 Функція *_ocr_eval_k* для формування полігональної моделі ОЯМС із застосування часткових функцій бажаності для категорій класів об'єктів впливу

```

-- Function: _ocr_eval_k()
-- DROP FUNCTION _ocr_eval_k();
-- призначена для обчислення функції бажаності
-- за методом найближчого сусідства оціночних районів ОЦР до об'єктів
-- впливу з урахуванням категорій пром.об'єктів та зелених зон
-- за "потужністю їх" їх впливу

CREATE OR REPLACE FUNCTION _ocr_eval_k()
RETURNS text AS
$BODY$

```

```

DECLARE
si1 double precision;
si2 double precision;
si3 double precision;
si4 double precision;
si5 double precision;
koef double precision;
koef1 double precision;
koef2 double precision;
koef3 double precision;
koef4 double precision;
koef5 double precision;
i record;
    BEGIN
--Вибірка усіх чарунок по черзі
    FOR i in (SELECT gid FROM blocks_ocr)
    loop
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу
-- підприємств з урахуванням класу/розміру С33
-- С33 5 класу - 50 м
        si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
        FROM blocks_ocr g, prom_zones h
        where g.gid=i.gid and h.szz_class=5);
        koef1=CASE
        WHEN si1<=25 THEN 0.38
        WHEN si1>25 and si1<=100 THEN (0.38+0.52*si1/100)
        else 0.9
        end;
-- С33 4 класу - 100 м
        si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
        FROM blocks_ocr g, prom_zones h
        where g.gid=i.gid and h.szz_class=4);
        koef=CASE
        WHEN si1<=50 THEN 0.38
        WHEN si1>50 and si1<=200 THEN (0.38+0.52*si1/200)
        else 0.9
        end;
        If koef<koef1 then koef1=koef;
        end if;
-- С33 3 класу - 300 м
        si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
        FROM blocks_ocr g, prom_zones h
        where g.gid=i.gid and h.szz_class=3);
        koef=CASE
        WHEN si1<=100 THEN 0.2

```

```

WHEN si1>100 and si1<=600 THEN (0.2+0.65*si1/600)
else 0.85
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
-- C33 2 класу 500 м
si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=2);
koef=CASE
WHEN si1<=125 THEN 0.2
WHEN si1>125 and si1<=1000 THEN (0.2+0.6*si1/1000)
else 0.8
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
-- C33 1 класу - 1000 м
si1=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=1);
koef=CASE
WHEN si1<=200 THEN 0.1
WHEN si1>200 and si1<=2000 THEN (0.1+0.7*si1/2000)
else 0.8
end;
If koef<koef1 then koef1=koef;
end if;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу кладовищ
si2=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, cemetery h
where g.gid=i.gid);
koef2=CASE
WHEN si2<=50 THEN 0.2
WHEN si2>50 and si2<=500 THEN (0.2+0.8*si2/500)
else 1
end;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від транспортних магістралей
si3=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, transport_zone h
where g.gid=i.gid);
koef3=CASE
WHEN si3<=25 THEN 0.2
WHEN si3>25 and si3<=300 THEN (0.2+0.7*si3/300)
else 0.9
end;

```

```

--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу парків
-- з урахуванням категорії парку
-- для вищої третьої категорії
si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=3);
koef4=CASE
WHEN si4<=100 THEN 1
WHEN si4>100 and si4<=1000 THEN (1-0.62*si4/1000)
else 0.38
end;
--для другої категорії
si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=2);
koef=CASE
WHEN si4<=100 THEN 1
WHEN si4>100 and si4<=500 THEN (1-0.62*si4/500)
else 0.38
end;
If koef>koef4 then koef4=koef;
end if;
--для першої категорії
si4=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=1);
koef=CASE
WHEN si4<=50 THEN 0.9
WHEN si4>50 and si4<=300 THEN (0.9-0.52*si4/300)
else 0.38
end;
If koef>koef4 then koef4=koef;
end if;
--Оцінка стану довкілля для кожної чарунки від впливу водних об'єктів
si5=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM blocks_ocr g, hydro_zone h
where g.gid=i.gid);
koef5=CASE
WHEN si5<=50 THEN 0.9
WHEN si5>50 and si5<=500 THEN (0.9-0.52*si5/500)
else 0.38
end;
update blocks_ocr
set bl_d4=(koef1*koef2*koef3*koef4*koef5)^0.2
where gid=i.gid;

```

```

end loop;
return 'Done';
END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
ALTER FUNCTION _ocr_eval_k()
OWNER TO postgres;

```

A.5 Функція визначення індексів якості довкілля для оціночних районів

```

-- FUNCTION _block_skc()
-- Призначена для обчислення індексу стану довкілля
-- в оціночних районах (ОЦР) як відношення середнього
-- значення інтегральної функції бажаності (ІФБ) для чарунок
-- eco_grid, що перетинаються з полігоном ОЦР, до середнього
-- значення ІФБ для міста
-- Модель eco_grid містить поверхню ІФБ за методом найближчого
-- сусідства чарунок до об'єктів впливу із загальними
-- функціями обчислення впливу на рівні класів об'єктів
CREATE OR REPLACE FUNCTION _block_skc()
RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
city_skc double precision;
blocks_skc1 double precision;
i record;
BEGIN
--Обчислення city_skc
city_skc=(SELECT AVG(c.kc) FROM
(SELECT a.gid, a.kc, a.geom
FROM eco_grid as a, br_city as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,a.geom)) AS c);
UPDATE br_city SET skc1=city_skc;
--Обчислення block_skc
FOR i in (SELECT gid FROM blocks_ocr)
loop
blocks_skc1=(SELECT AVG(c.kc)/city_skc FROM (
SELECT a.gid, a.kc, a.geom
FROM eco_grid as a, blocks_ocr as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,a.geom) and b.gid=i.gid) as c);
UPDATE blocks_ocr SET bl_skc1=blocks_skc1 WHERE gid=i.gid;

```

```

end loop;
return 'City average '||city_skc::text;
END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;

```

```

-- FUNCTION _block_skc_k()
-- Призначена для обчислення індексу стану довкілля
-- в оціночних районах (ОЦР) як відношення середнього
-- значення інтегральної функції бажаності (ІФБ) для чарунок
-- eco_grid_k, що перетинаються з полігоном ОЦР, до середнього
-- значення ІФБ для міста.
-- Модель eco_grid_k містить поверхню ІФБ за
-- методом найближчого сусідства чарунок до об'єктів впливу з
-- урахуванням категорії об'єктів за "потужністю" впливу
CREATE OR REPLACE FUNCTION _block_skc_k()
  RETURNS text AS
  $BODY$
  DECLARE
  city_skc double precision;
  blocks_skc1 double precision;
  i record;
  BEGIN
  --Обчислення city_skc
  city_skc=(SELECT AVG(c.kc) FROM
  (SELECT a.gid, a.kc, a.geom
  FROM eco_grid_k as a, br_city as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,a.geom)) AS c);
  UPDATE br_city SET skc2=city_skc;
  --Обчислення block_skc
  FOR i in (SELECT gid FROM blocks_ocr)
  loop
  blocks_skc1=(SELECT AVG(c.kc)/city_skc FROM (
  SELECT a.gid, a.kc, a.geom
  FROM eco_grid_k as a, blocks_ocr as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,a.geom) and b.gid=i.gid) as c);
  UPDATE blocks_ocr SET bl_skc2=blocks_skc1 WHERE gid=i.gid;
  end loop;
  return 'City average '||city_skc::text;
  END;
  $BODY$
  LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
  COST 100;

```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION _ocr_indx()
  RETURNS text AS
  -- призначена для обчислення індексу довкілля ОЦР
  -- як відношення значення функції бажаності ОЦР на
  -- середньозважене по місту
  $BODY$
  DECLARE
    city_skc double precision;
    blocks_skc1 double precision;
    i record;
  BEGIN
    --Обчислення city_skc
    city_skc=(SELECT SUM(c.d3)/SUM(c.s) FROM
    (SELECT a.gid, a.bl_d3*a.bl_area AS d3, a.bl_area AS s
    FROM blocks_ocr AS a) AS c);
    UPDATE br_city SET skc3=city_skc;
    --Обчислення block_skc
    UPDATE blocks_ocr SET bl_skc3=bl_d3/city_skc;
    return 'City average '||city_skc::text;
  END;
  $BODY$
  LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
  COST 100;

```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION _ocr_indx_k()
  RETURNS text AS
  -- призначена для обчислення індексу довкілля ОЦР
  $BODY$
  DECLARE
    city_skc double precision;
    i record;
  BEGIN
    --Обчислення середньозваженого по місту city_skc
    city_skc=(SELECT SUM(c.d4)/SUM(c.s) FROM
    (SELECT a.gid, a.bl_d4*a.bl_area AS d4, a.bl_area AS s
    FROM blocks_ocr AS a) AS c);
    -- запис середньозваженого в БД як skc для третього методу
    UPDATE br_city SET skc4=city_skc;
    --Обчислення індексу та запис в БД індексу ОЦР для третього методу
    UPDATE blocks_ocr SET bl_skc4=bl_d4/city_skc;
    return 'City average '||city_skc::text;
  END;
  $BODY$
  LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
  COST 100;

```

ДОДАТОК Б. ТАБЛИЦІ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ АНАЛІЗУ

Додаток Б.1. Результати визначення індексу якості довкілля оціночних районів м. Дрогобич за чотирма моделями ОЯМС

gid	codito	e	bl_skc1	bl_skc2	bl_skc3	bl_skc4	bl_d3	bl_d4	bl_area
45	45	0,99	0,951	0,973	1,025	0,990	0,530	0,466	323036,15
57	57	0,75	1,013	1,042	0,932	0,981	0,482	0,462	448391,07
64	64	0,77	1,137	1,046	1,095	1,029	0,566	0,485	321654,86
4	04	1,2	1,118	1,185	1,119	1,225	0,579	0,577	268284,92
5	05	1,17	0,924	0,982	0,983	1,102	0,508	0,519	380335,3
8	08	1,17	1,118	1,172	1,103	1,178	0,571	0,555	303361,78
30	30	1,26	0,979	1,070	1,133	1,231	0,586	0,580	292503,86
36	36	0,94	0,893	0,934	0,953	0,934	0,493	0,440	282984,36
17	17	0,82	0,886	0,808	0,954	0,900	0,494	0,424	897327,43
15	15	0,87	1,044	1,013	1,344	1,305	0,695	0,615	204630,38
53	53	0,49	0,895	0,908	0,932	0,900	0,482	0,424	525264,42
69	69	1,14	1,055	1,059	1,068	0,915	0,553	0,431	1706209,4
23	23	1,03	0,880	0,858	0,905	0,870	0,468	0,410	174275,65
3	03	1,16	0,982	0,942	1,001	0,967	0,518	0,455	212826,82
26	26	0,99	1,025	0,987	0,945	0,913	0,489	0,430	820741,92
55	55	0,87	0,945	0,943	0,932	0,900	0,482	0,424	236268,26
9	09	1,17	1,088	1,061	1,030	0,887	0,533	0,418	349386,27
11	11	1,14	0,837	0,737	0,791	0,735	0,409	0,346	170415,28
54	54	0,5	0,868	0,847	0,932	0,900	0,482	0,424	219004,34
12	12	1,01	0,758	0,641	0,724	0,613	0,374	0,289	517099,09
20	20	1,22	1,283	1,266	1,272	1,487	0,658	0,701	324193,93
39	39	1,06	0,879	0,899	1,009	0,990	0,522	0,466	390339,62
13	13	1,13	1,042	0,940	1,009	0,876	0,522	0,413	319216,83
62	62	0,75	0,999	0,988	1,050	0,900	0,543	0,424	543664,02
52	52	0,61	0,800	0,726	0,851	0,822	0,440	0,387	650680,89
16	16	0,57	0,907	0,821	0,864	0,794	0,447	0,374	415133,47
71	71	0,76	1,048	0,917	1,033	0,998	0,535	0,470	871621,86

43	43	1,21	1,087	1,199	1,245	1,521	0,644	0,717	408748,05
1	01	1,17	1,033	1,141	1,078	1,210	0,558	0,570	188683,71
18	18	0,64	0,852	0,760	0,990	0,900	0,512	0,424	371796,96
6	06	1,2	0,938	1,040	0,872	0,957	0,451	0,451	261502,69
33	33	0,93	1,080	1,099	1,172	1,276	0,606	0,601	918145,92
61	61	0,78	0,995	0,972	0,943	0,900	0,488	0,424	481516,87
44	44	0,96	0,912	0,935	0,852	0,911	0,441	0,429	469320,28
28	28	1,2	0,935	0,965	0,938	0,964	0,485	0,454	282744,38
42	42	1,16	1,030	1,155	0,978	1,087	0,506	0,512	480926,97
31	31	1,16	0,962	0,956	0,932	1,023	0,482	0,482	327016,54
32	32	1,09	1,029	1,094	1,147	1,168	0,593	0,550	1015244,9
38	38	1,16	1,086	1,210	1,105	1,236	0,572	0,582	242130,81
65	65	1,04	1,107	1,180	1,258	1,362	0,651	0,642	535772,96
67	67	1,15	0,882	0,899	0,863	0,948	0,447	0,447	276197,63
35	35	1,1	1,036	1,130	1,095	1,191	0,567	0,561	349885,97
7	07	1,22	0,928	1,050	0,830	0,994	0,429	0,468	283342,31
19	19	1,17	1,084	1,054	0,944	0,843	0,488	0,397	276316,64
25	25	0,91	1,292	1,279	1,536	1,603	0,795	0,755	667399,76
27	27	0,87	0,976	0,906	0,998	0,964	0,516	0,454	491286,84
37	37	1,31	1,136	1,279	0,805	0,903	0,416	0,425	504142,54
34	34	1,18	1,005	1,102	0,932	1,045	0,482	0,492	374755,88
56	56	0,98	0,881	0,852	0,904	0,873	0,468	0,411	332466,93
59	59	0,91	0,874	0,853	0,939	0,877	0,486	0,413	252812,88
2	02	1,17	1,121	1,170	0,906	0,995	0,469	0,469	282892,9
63	63	0,88	1,001	0,903	1,034	0,999	0,535	0,470	219200,8
10	10	1,15	0,956	0,881	0,785	0,715	0,406	0,337	295648,59
46	46	0,55	0,759	0,755	0,853	0,824	0,441	0,388	506939,7
60	60	0,89	0,927	0,831	0,932	0,900	0,482	0,424	309210,73
40	40	0,84	1,103	1,136	1,121	1,097	0,580	0,517	1193764
41	41	0,97	1,012	1,030	0,912	0,881	0,472	0,415	964199,62
21	21	1,25	1,256	1,218	1,469	1,614	0,760	0,760	443557,67
29	29	1,22	0,927	0,988	0,884	0,884	0,457	0,417	353015,04
47	47	0,66	0,970	0,882	0,932	0,900	0,482	0,424	319543,71
48	48	1,16	0,834	0,883	0,746	0,831	0,386	0,392	155334,25

49	49	1,18	0,781	0,848	0,732	0,818	0,378	0,385	208664,27
51	51	0,94	0,781	0,794	0,875	0,930	0,453	0,438	161131,09
22	22	0,82	1,098	1,112	1,367	1,326	0,707	0,624	253336,95
24	24	1,23	1,188	1,146	1,026	1,058	0,531	0,498	544505,38
58	58	1,03	0,930	0,898	0,889	0,862	0,460	0,406	267362,85
70	70	0,74	0,889	0,966	0,784	0,861	0,406	0,406	499986,91
50	50	1	0,813	0,819	0,919	0,967	0,475	0,456	140117,83
66	66	1	1,022	0,967	1,062	0,900	0,550	0,424	332136,33
14	14	0,92	1,017	0,969	0,968	0,850	0,501	0,401	507359,43
68	68	0,85	0,998	1,067	0,798	0,877	0,413	0,413	992306,09
72	72	0,78	1,014	0,964	0,848	0,740	0,439	0,349	632494,1
73	73	0,74	1,012	0,986	0,889	0,852	0,460	0,401	288621,91

Додаток Б.2. Результати порівняння відхилень значень індексу якості оціночних районів м. Дрогобич, визначених за чотирма моделями ОЯМС

gid	codito	e	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
45	45	0,99	0,039	0,017	-0,035	0	-0,023	-0,074	-0,017	0,035
57	57	0,75	-0,263	-0,292	-0,182	-0,231	-0,029	0,081	0,061	-0,049
64	64	0,77	-0,367	-0,276	-0,325	-0,259	0,091	0,042	0,017	0,066
4	04	1,2	0,082	0,015	0,081	-0,025	-0,067	0	-0,039	-0,106
5	05	1,17	0,246	0,188	0,187	0,068	-0,058	-0,059	-0,12	-0,12
8	08	1,17	0,052	-0,002	0,067	-0,008	-0,054	0,015	-0,006	-0,075
30	30	1,26	0,281	0,19	0,127	0,029	-0,091	-0,154	-0,162	-0,099
36	36	0,94	0,047	0,006	-0,013	0,006	-0,041	-0,06	0	0,019
17	17	0,82	-0,066	0,012	-0,134	-0,08	0,078	-0,068	-0,092	0,054
15	15	0,87	-0,174	-0,143	-0,474	-0,435	0,03	-0,301	-0,292	0,039
53	53	0,49	-0,405	-0,418	-0,442	-0,41	-0,013	-0,037	0,008	0,032
69	69	1,14	0,085	0,081	0,072	0,225	-0,004	-0,013	0,144	0,153
23	23	1,03	0,15	0,172	0,125	0,16	0,022	-0,025	-0,012	0,035
3	03	1,16	0,178	0,218	0,159	0,193	0,04	-0,019	-0,025	0,034
26	26	0,99	-0,035	0,003	0,045	0,077	0,037	0,08	0,075	0,032
55	55	0,87	-0,075	-0,073	-0,062	-0,03	0,002	0,014	0,043	0,032

9	09	1,17	0,082	0,109	0,14	0,283	0,027	0,058	0,174	0,142
11	11	1,14	0,303	0,403	0,349	0,405	0,1	0,046	0,002	0,056
54	54	0,5	-0,368	-0,347	-0,432	-0,4	0,021	-0,064	-0,053	0,032
12	12	1,01	0,252	0,369	0,286	0,397	0,117	0,034	0,027	0,11
20	20	1,22	-0,063	-0,046	-0,052	-0,267	0,017	0,011	-0,222	-0,216
39	39	1,06	0,181	0,161	0,051	0,07	-0,02	-0,129	-0,091	0,018
13	13	1,13	0,088	0,19	0,121	0,254	0,102	0,033	0,064	0,133
62	62	0,75	-0,249	-0,238	-0,3	-0,15	0,011	-0,051	0,088	0,15
52	52	0,61	-0,19	-0,116	-0,241	-0,212	0,074	-0,051	-0,097	0,029
16	16	0,57	-0,337	-0,251	-0,294	-0,224	0,086	0,043	0,027	0,07
71	71	0,76	-0,288	-0,157	-0,273	-0,238	0,131	0,014	-0,081	0,035
43	43	1,21	0,123	0,011	-0,035	-0,311	-0,111	-0,158	-0,323	-0,276
1	01	1,17	0,137	0,029	0,092	-0,04	-0,107	-0,045	-0,069	-0,131
18	18	0,64	-0,212	-0,12	-0,35	-0,26	0,092	-0,138	-0,14	0,09
6	06	1,2	0,262	0,16	0,328	0,243	-0,102	0,066	0,083	-0,086
33	33	0,93	-0,15	-0,169	-0,242	-0,346	-0,019	-0,092	-0,177	-0,104
61	61	0,78	-0,215	-0,192	-0,163	-0,12	0,023	0,052	0,073	0,044
44	44	0,96	0,048	0,025	0,108	0,049	-0,023	0,06	0,024	-0,059
28	28	1,2	0,265	0,235	0,262	0,236	-0,03	-0,004	0,001	-0,025
42	42	1,16	0,13	0,005	0,182	0,073	-0,125	0,051	0,068	-0,108
31	31	1,16	0,198	0,204	0,228	0,137	0,005	0,03	-0,067	-0,092
32	32	1,09	0,061	-0,004	-0,057	-0,078	-0,066	-0,118	-0,073	-0,021
38	38	1,16	0,074	-0,05	0,055	-0,076	-0,124	-0,019	-0,026	-0,131
65	65	1,04	-0,067	-0,14	-0,218	-0,322	-0,073	-0,151	-0,182	-0,104
67	67	1,15	0,268	0,251	0,287	0,202	-0,017	0,019	-0,049	-0,085
35	35	1,1	0,064	-0,03	0,005	-0,091	-0,095	-0,059	-0,061	-0,096
7	07	1,22	0,292	0,17	0,39	0,226	-0,122	0,099	0,055	-0,165
19	19	1,17	0,086	0,116	0,226	0,327	0,03	0,141	0,211	0,101
25	25	0,91	-0,382	-0,369	-0,626	-0,693	0,013	-0,244	-0,324	-0,067
27	27	0,87	-0,106	-0,036	-0,128	-0,094	0,07	-0,022	-0,058	0,034
37	37	1,31	0,174	0,031	0,505	0,407	-0,143	0,332	0,376	-0,098
34	34	1,18	0,175	0,078	0,248	0,135	-0,097	0,074	0,057	-0,113
56	56	0,98	0,099	0,128	0,076	0,107	0,029	-0,023	-0,021	0,031
59	59	0,91	0,036	0,057	-0,029	0,033	0,021	-0,065	-0,024	0,061

2	02	1,17	0,049	0	0,264	0,175	-0,049	0,215	0,175	-0,089
63	63	0,88	-0,121	-0,023	-0,154	-0,119	0,097	-0,033	-0,095	0,035
10	10	1,15	0,194	0,269	0,365	0,435	0,075	0,17	0,166	0,071
46	46	0,55	-0,209	-0,205	-0,303	-0,274	0,004	-0,094	-0,069	0,029
60	60	0,89	-0,037	0,059	-0,042	-0,01	0,096	-0,004	-0,069	0,032
40	40	0,84	-0,263	-0,296	-0,281	-0,257	-0,033	-0,018	0,039	0,024
41	41	0,97	-0,042	-0,06	0,058	0,089	-0,019	0,1	0,149	0,031
21	21	1,25	-0,006	0,032	-0,219	-0,364	0,038	-0,214	-0,396	-0,145
29	29	1,22	0,293	0,232	0,336	0,336	-0,061	0,043	0,104	-0,001
47	47	0,66	-0,31	-0,222	-0,272	-0,24	0,088	0,039	-0,018	0,032
48	48	1,16	0,326	0,277	0,414	0,329	-0,049	0,088	0,052	-0,085
49	49	1,18	0,399	0,332	0,448	0,362	-0,068	0,049	0,03	-0,087
51	51	0,94	0,159	0,146	0,065	0,01	-0,013	-0,093	-0,136	-0,056
22	22	0,82	-0,278	-0,292	-0,547	-0,506	-0,014	-0,269	-0,214	0,041
24	24	1,23	0,042	0,084	0,204	0,172	0,042	0,161	0,088	-0,032
58	58	1,03	0,1	0,132	0,141	0,168	0,032	0,041	0,036	0,027
70	70	0,74	-0,149	-0,226	-0,044	-0,121	-0,077	0,105	0,105	-0,077
50	50	1	0,187	0,181	0,081	0,033	-0,006	-0,105	-0,148	-0,049
66	66	1	-0,022	0,033	-0,062	0,1	0,055	-0,041	0,067	0,163
14	14	0,92	-0,097	-0,049	-0,048	0,07	0,049	0,049	0,118	0,118
68	68	0,85	-0,148	-0,217	0,052	-0,027	-0,069	0,2	0,19	-0,079
72	72	0,78	-0,234	-0,184	-0,068	0,04	0,05	0,166	0,224	0,108
73	73	0,74	-0,272	-0,246	-0,149	-0,112	0,026	0,123	0,134	0,036

ДОДАТОК В. МАТЕРІАЛИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ РОБОТИ



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

Атестаційна магістерська робота

«Дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища»

Виконала: студентка гр. ГІСТ-61
Спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
Спеціалізації Геоінформаційні системи і технології
Запорожець Олена
Керівник: проф. Ляшенко А.А.

Київ 2022

Актуальність теми

Зважаючи на потребу у врахуванні при оцінюванні якості міського середовища (ОЯМС) багатьох чинників, прояв та вплив яких визначається в різних системах одиниць вимірювання, в моделях оцінки як правило застосовуються експертні методи, методи нечітких множин та функції бажаності, що ґрунтуються на шкалі Харрінгтона для оцінювання впливу (прояву) окремих чинників (часткових оцінок) та інтегральній оцінці як середнього геометричного часткових оцінок. В наукових працях розглядаються використання різних просторових моделей (полігональних, ґрід, точкових) в комбінаціях з різними підходами до відображення параметрів впливу на шкалу Харрінгтона. Це зумовлює актуальність завдання з дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням поверхні інтегральної функції бажаності та визначення меж їх ефективного використання.

Мета роботи

Метою роботи є вирішення прикладного завдання з дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона і технологій їх реалізації в середовищі систем керування базами геопросторових даних для підвищення ефективності використання геоінформаційних технологій в системах управління якістю міського середовища.

- **Об'єкт дослідження** – міське середовище
- **Предмет досліджень** – геоінформаційні моделі і технології оцінювання якості міського середовища

Завдання АРМ

- 1) аналіз стану і тенденцій розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища; дослідження класифікації геоінформаційних моделей;
- 2) класифікація геоінформаційних методів і моделей оцінювання якості міського середовища;
- 3) розроблення структурно-функціональної моделі ГІС оцінювання якості міського середовища (ГІС ОЯМС);
- 4) розроблення концептуальної моделі та каталогу класів об'єктів БГД для оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона в комбінації з полігональною та GRID –моделлю територій;
- 5) розроблення прикладних SQL-функцій ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS;
- 6) проведення обчислювального експерименту з дослідження варіантів геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням функцій бажаності Харрінгтона в комбінації з полігональною та GRID –моделлю територій;
- 7) аналіз результатів обчислювального експерименту та розробка рекомендацій щодо ефективності використання геоінформаційних моделей ОЯМС.

Новизна одержаних результатів

В роботі здійснено узагальнення та на прикладі дослідної території отримано практичні результати вирішення прикладної задачі з дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона і технологій їх реалізації в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL/PostGIS, зокрема:

- 1) розроблено концептуальну модель бази геопросторових даних для оцінювання якості міського середовища з використанням функцій бажаності Харрінгтона в комбінації з полігональною та GRID – моделлю території;
- 2) в середовищі PostgreSQL/PostGIS розроблено прикладні SQL-функції для різних варіантів формування GRID та полігональної моделі поверхні моделювання інтегральної функції бажаності ОЯМС;
- 3) за результатами обчислювального експерименту на реальних даних про об'єкти впливу на довкілля міста Дрогобич отримано оцінки збіжності геоінформаційних моделей оцінки якості міського середовища для різних варіантів полігональної та GRID моделі інтегральної функції бажаності.

Вихідні інформаційні ресурси роботи

- Для виконання роботи як базису використано набір геопросторових даних на територію м. Дрогобич та результати експертної оцінки стану довкілля міста в проєкті нормативної грошової оцінки земель як база для порівняння досліджуваних в роботі геоінформаційних моделей ОЯМС;
- Робота ґрунтується на публікаціях та результатах науковців щодо використання функцій бажаності Харрінгтона в еколого-економічних дослідженнях, а також науковців кафедри геоінформатики і фотограмметрії КНУБА з проблем проєктування, геоінформаційного моделювання та оцінювання стану довкілля, зокрема це роботи професора д.т.н. Ляценка А. А., доцентів кандидатів технічних наук Горковчука Д. В., Горковчук Ю.В., Патракеєва І.М. та к.т.н. Максимової Ю. С.

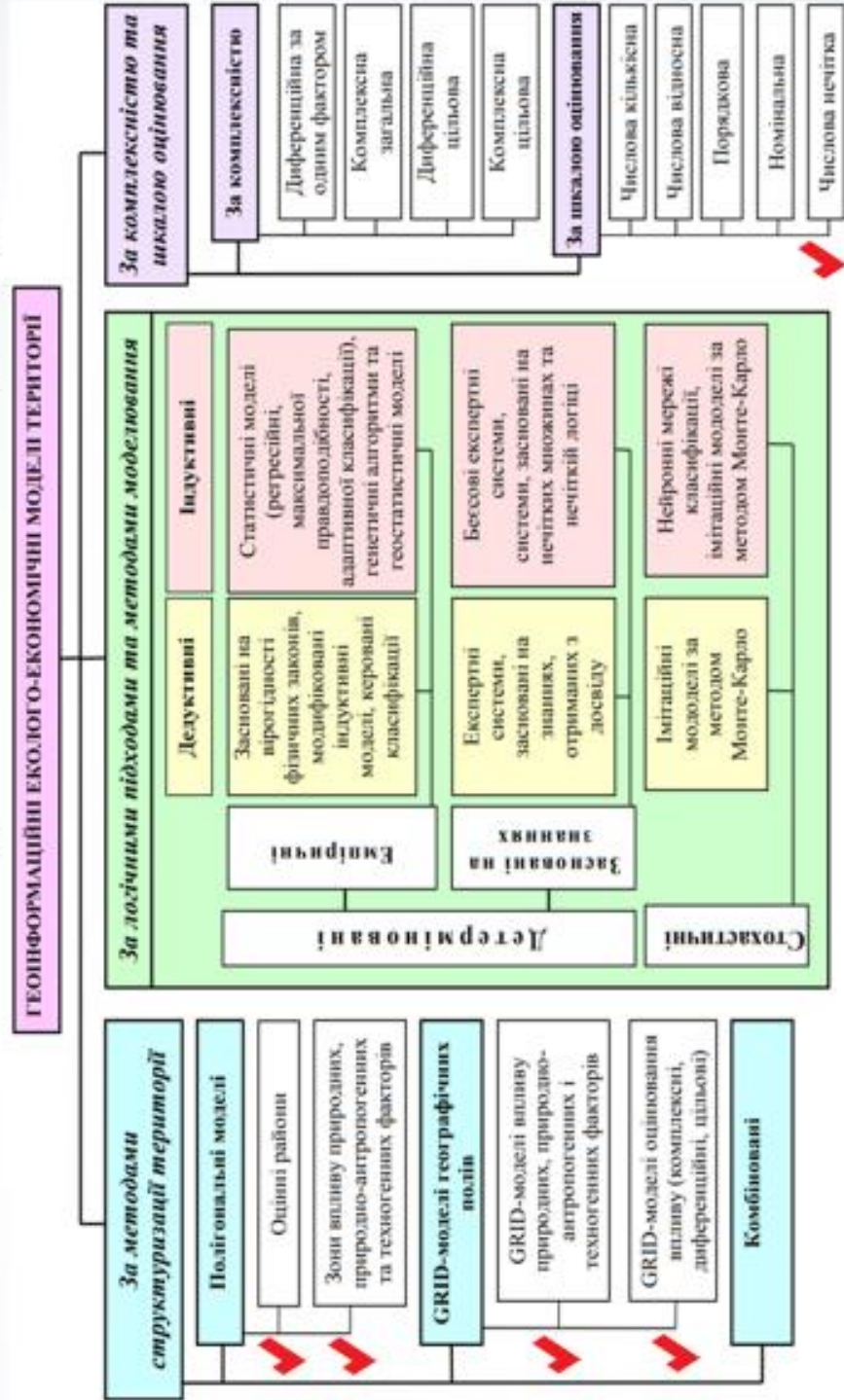
Структура роботи

Розділ 1	1.1	Аналіз нормативно-правового забезпечення оцінювання якості міського середовища	Визначено основні вимоги нормативних документів до змісту та процедури ОЯМС
	1.2	Огляд сучасних публікацій та класифікація геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	Ідентифікація основних тенденцій в розвитку геоінформаційних моделей ОЯМС
	1.3	Постановка задачі дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища	Обґрунтовано варіанти геоінформаційних моделей, що досліджуються в АРМ
	1.4	Структура, завдання та обмеження проекту	Структура, послідовність етапів та обмеження роботи
Розділ 2	2.1	Структурно-функціональна модель ГІС оцінювання якості міського середовища	Структурно-функціональна модель ГІС ОЯМС
	2.2	Концептуальна модель БД ГІС оцінювання якості міського середовища	Концептуальна модель БД ОЯМС
	2.3	Каталог класів об'єктів БД ГІС оцінювання якості міського середовища	Каталог класів об'єктів БД ОЯМС
	2.4	Розроблення алгоритмів прикладних функцій оцінювання якості міського середовища в ГІС	Алгоритми функцій для чотирьох моделей ОЯМС
Розділ 3	3.1	Технологічна схема обчислювального експерименту	Технологічна схема
	3.2	Склад вихідних геопросторових даних на дослідну територію	Характеристика вихідних даних на територію м. Дрогобич
	3.3	Логічна модель БД ГІС ОЯМС в середовищі PostgreSQL/PostGIS	Логічна модель БД ОЯМС
	3.4	Схеми реалізації прикладних SQL-функцій для ГІС ОЯМС	Тексти прикладних SQL-функцій
	3.5	Аналіз результатів обчислювального експерименту дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС	Оцінка отриманих результатів в порівнянні з базовою моделлю
Висновки	Аналіз результатів	Загальні висновки АРМ	

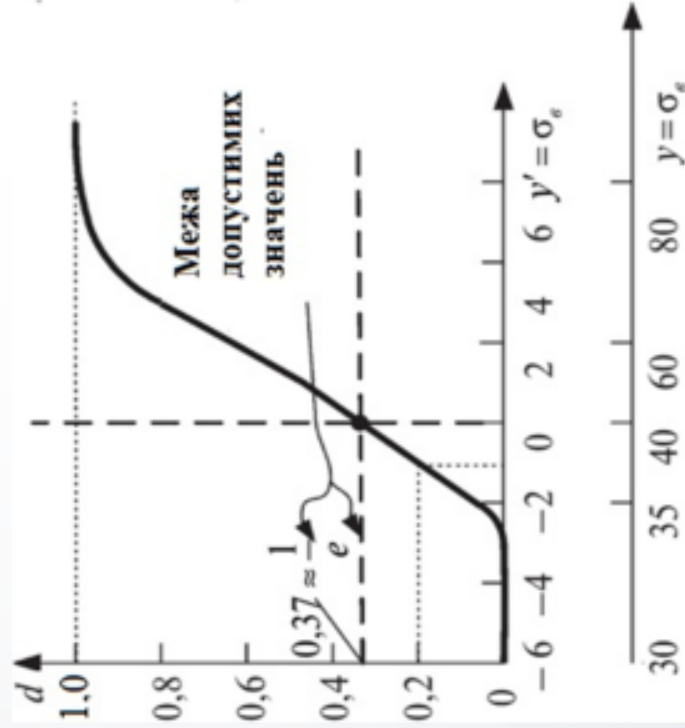
Структурна схема нормативно-правового забезпечення оцінки якості міського середовища (ОЯМС)

Об'єкти та/або предмети правового регулювання	Нормативно-правові акти	Об'єкти та/або предмети правового регулювання	Нормативно-правові акти
<p><i>Загальні засади забезпечення екологічної безпеки в Україні</i></p>	<p>Конституція України</p> <p>Закони України:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення • Про охорону навколишнього природного середовища • Про охорону атмосферного повітря 	<p><i>Розроблення заходів щодо забезпечення екологічної безпеки при плануванні та забудові населених пунктів</i></p>	<p>Закони України:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Про охорону атмосферного повітря • Про регулювання містобудівної діяльності • Про землеустрій <p>ДСМПН та ДБН:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів • ДБН 360-92**<i>Державні будівельні норми. Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень</i> • ДСТУ-Н Б Б.1.1-12:2011. Настанова про склад та зміст плану зонування території • Інші ДБН щодо розроблення містобудівної та проектної документації
<p><i>Особливий режим використання території навколо потенційно небезпечних об'єктів</i></p>	<p>Кодекси та Закони України:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Земельний Кодекс України • Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку • Про видобування і переробку уранових руд • Про ринок електричної енергії • Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів 	<p><i>Оцінка екологічного середовища</i></p>	<p>Закон України:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Про стратегічну екологічну оцінку • Про природно-заповідний фонд • Про оцінку впливу на довкілля • Про екологічну мережу

Схема класифікації геоінформаційних еколого-економічних моделей міської території



Часткова функція бажаності та її числові значення за рівнями змістовної градації (шкала Харрінгтона)



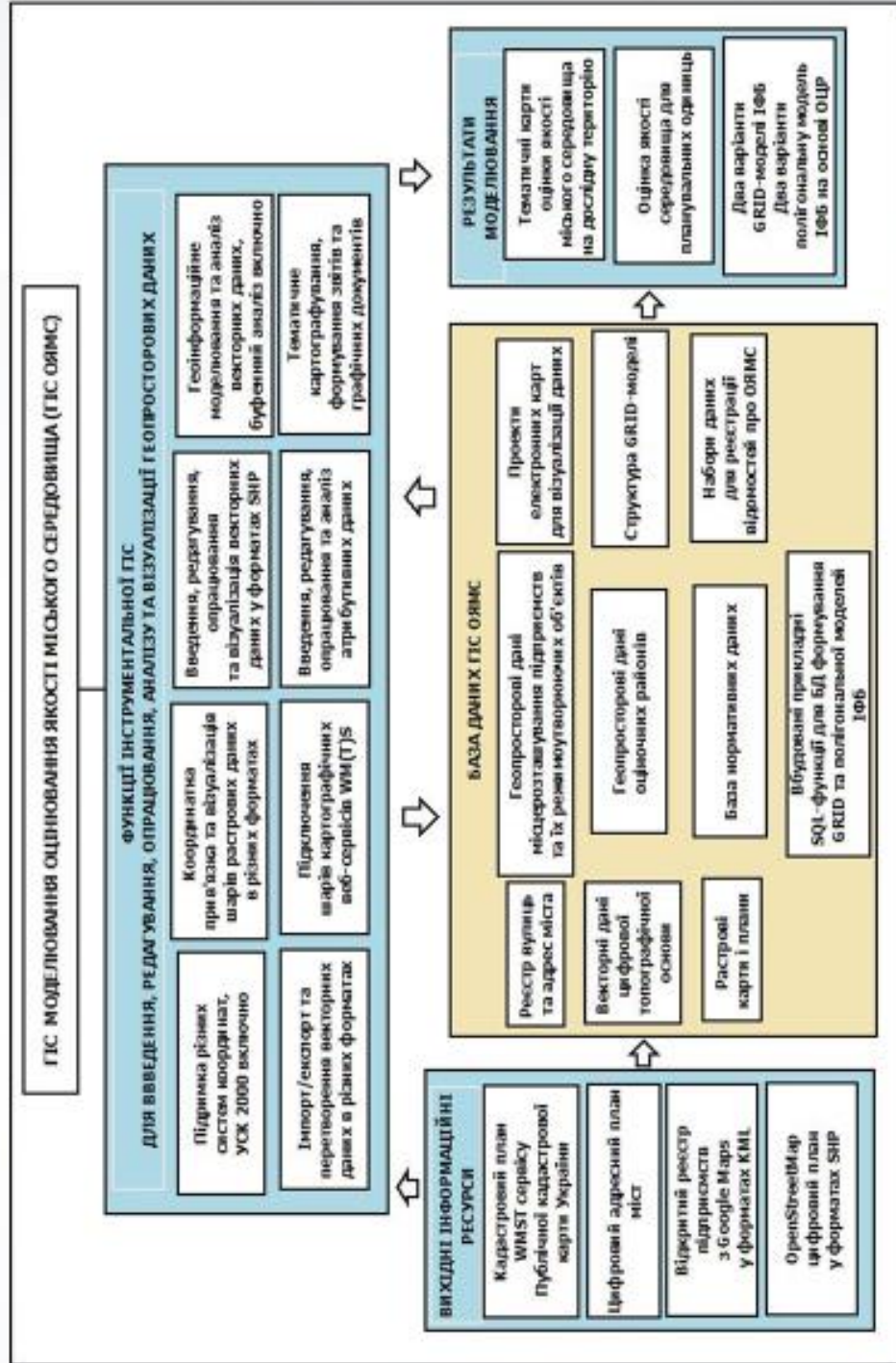
№ з/п	Змістовний опис рівня градації	Числове значення функції бажаності
1.	Дуже високий	0.8-1.0
2.	Високий	0.64-0.8
3.	Середній	0.37-0.64
4.	Низький	0.2-0.37
5.	Дуже низький	0.0-0.2

$d = \exp(-\exp\{-y'\})$
 , де y' – кодоване значення ознаки

Моделі, що досліджуються в роботі

Умовна назва прикладної функції	Варіанти просторової моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС		Варіанти часткових функцій бажаності для оцінювання впливу антропогенних і природних об'єктів на якість довкілля
	GRID	Полігональ не покриття ОЦР	
_grid_eval	*	-	Часткові ФБ для класів об'єктів
_grid_eval_k	*	-	Часткові ФБ для категорій об'єктів
_ocr_eval	-	*	-
_ocr_eval_k	-	*	-

Структурно-функціональна модель ГІС ОЯМС



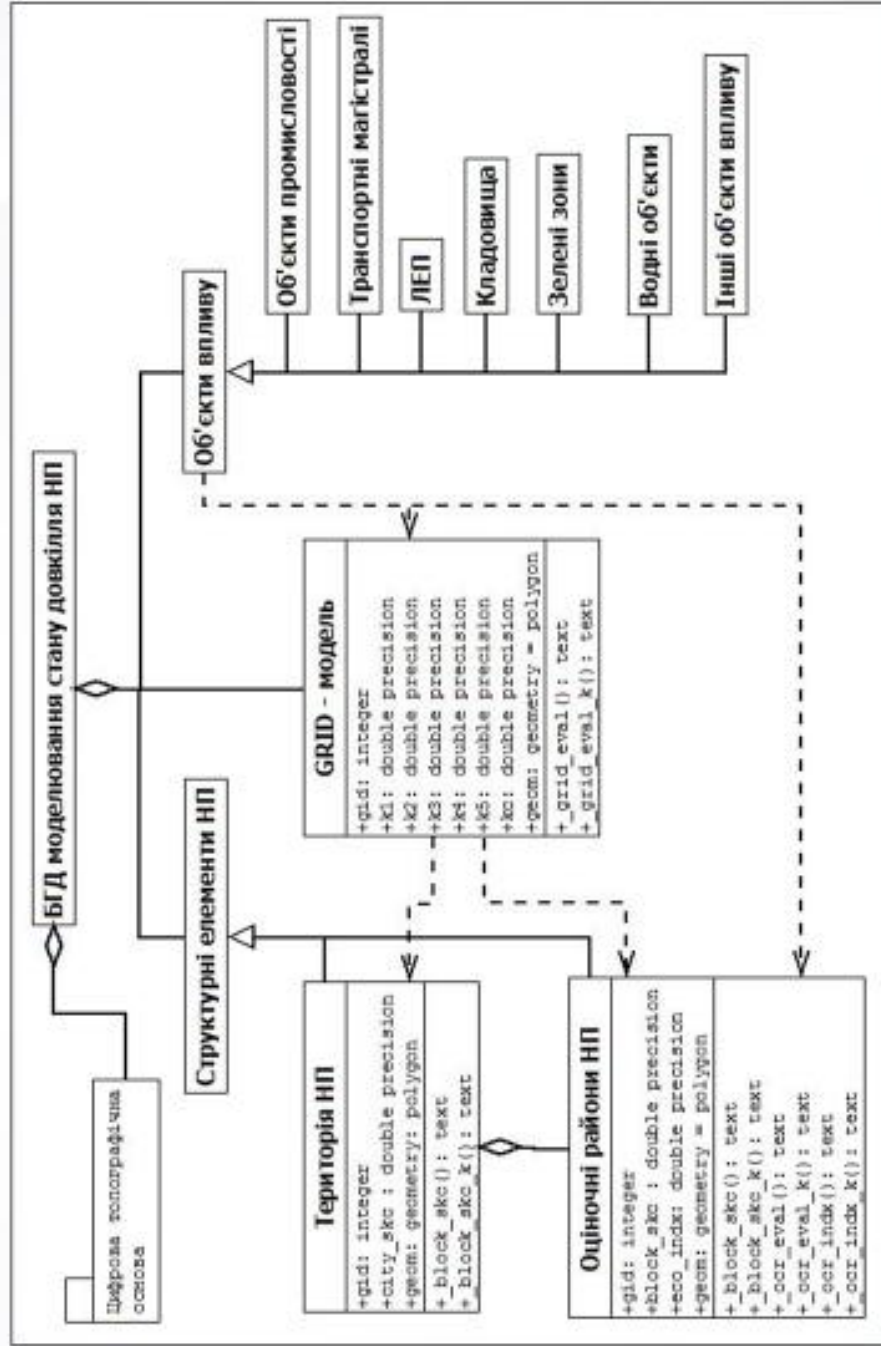
Концептуальна модель ГІС ОЯМС

На концептуальному рівні ГІС ОЯМС можна подати як обробну систему

$S = \{GDB, DF, FGIS, PS, RE\}$, до складових якої належать:

- $GDB = \{TO, OE, OI\}$ – база геопросторових даних (рис. 2.2) з наборами даних: цифрової топографічної основи (TO), моделей об'єктів оцінювання (OE), моделей об'єктів впливу на довкілля (OI);
- DF – набір часткових функцій бажаності, що застосовуються для оцінювання впливу антропогенних та природних об'єктів на якість міського середовища;
- $FGIS$ – базові функції ГІС для просторового аналізу та моделювання просторових відношень;
- PS – програми (прикладні функції або сценарії) оцінювання, в яких задається послідовність використання DF та $FGIS$ до множини моделей просторових об'єктів OE , OI для оцінювання якості міського середовища;
- RE – результати оцінювання, які подаються значеннями часткових та інтегральних функцій бажаності та значенням індексів стану довкілля для об'єктів OE .

Узагальнена концептуальна модель бази геостороривих даних



Часткові функції бажаності для класів об'єктів впливу

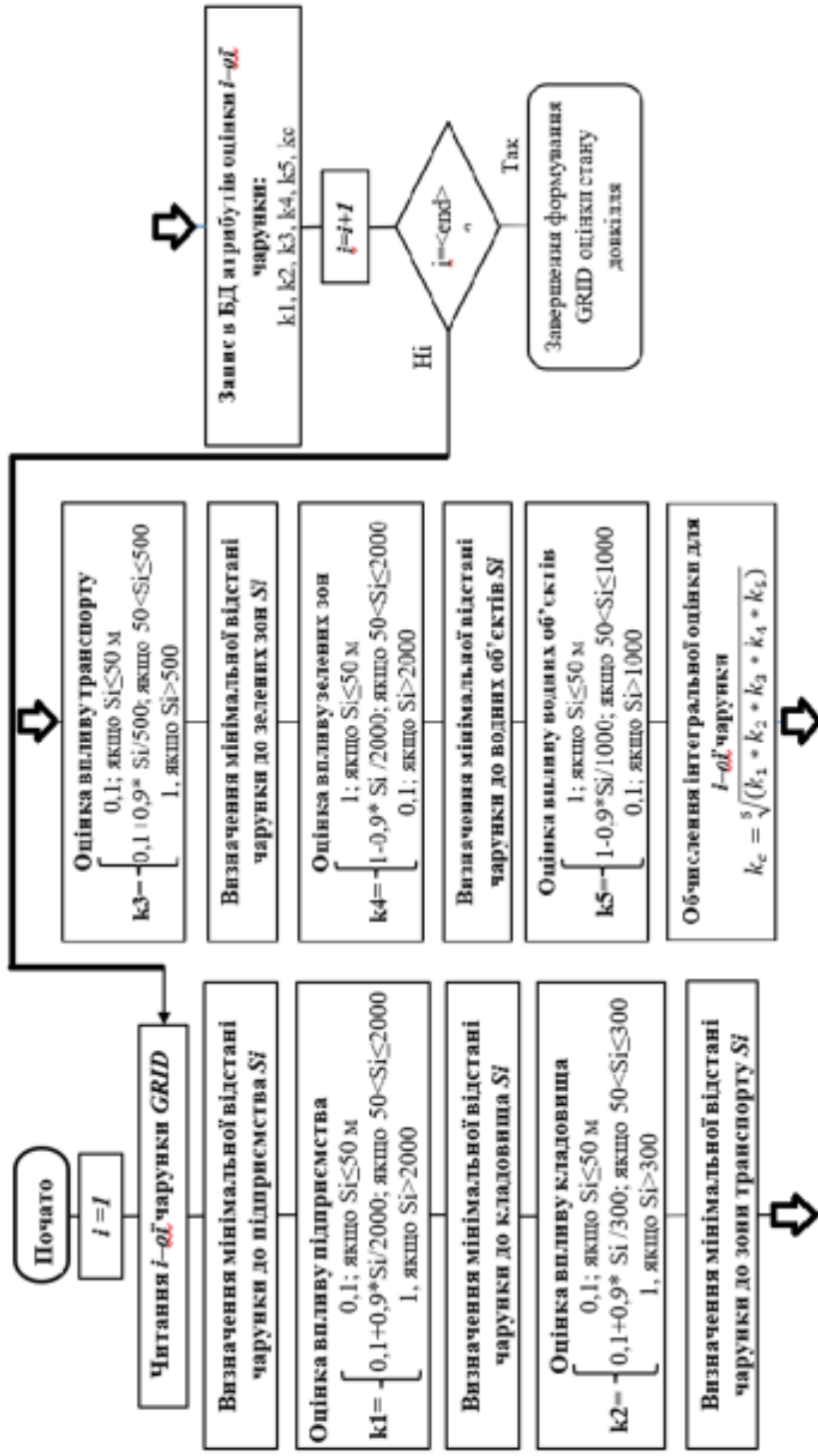
Класи об'єктів	Функція бажаності	Графік функції бажаності групи/підгрупи
<i>Об'єкти негативного впливу</i>		
Промислові підприємства	$\text{Коеф1} = \{ \text{if } si1 \leq 25 \text{ then } 0.38, \\ \text{if } 25 < si1 \leq 1000 \\ 0.38 + 0.52 * si1 / 1000, \\ \text{if } si1 > 50 \text{ then } 0.9 \}$	
Кладовища	$\text{Коеф2} = \{ \text{if } si2 \leq 50 \text{ then } 0.2, \\ \text{if } 50 < si2 \leq 500 \text{ then } 0.2 + 0.8 * si2 / 500, \\ \text{if } si2 > 500 \text{ then } 1 \}$	
Транспортні магістралі	$\text{Коеф3} = \{ \text{if } si3 \leq 25 \text{ then } 0.2, \\ \text{if } 25 < si3 \leq 300 \text{ then } 0.2 + 0.7 * si3 / 300, \\ \text{if } si3 > 300 \text{ then } 0.9 \}$	
<i>Об'єкти позитивного впливу</i>		
Зелені зони	$\text{Коеф4} = \{ \text{if } si4 \leq 50 \text{ then } 0.9, \\ \text{if } 50 < si4 \leq 1000 \text{ then } 0.9 - \\ 0.52 * si4 / 1000 \\ \text{if } si4 > 1000 \text{ then } 0.38 \}$	
Водні об'єкти	$\text{коєф5} = \{ \text{if } si5 \leq 50 \text{ then } 0.9, \\ \text{if } 50 < si5 \leq 500 \text{ then } 0.9 - 0.52 * si5 / 500 \\ \text{if } si5 > 500 \text{ then } 0.8 \}$	

Часткові функції бажаності для підкласів об'єктів промислових підприємств і зелених зон за категоріями інтенсивності впливу

Класи та категорії об'єктів впливу	Функція бажаності	Графік функції бажаності групи/підгрупи
Об'єкти нестатистичного впливу Промислові підприємства 5 класе СЗЗ до 50 м	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i1} \leq 25 \text{ then } 0.38, \\ \text{if } 25 < s_{i1} \leq 100 \text{ then } 0.38 + 0.52 * s_{i1} / 100, \\ \text{if } s_{i1} > 100 \text{ then } 0.9 \end{cases}$	
4 класе СЗЗ 50-100 м	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i1} \leq 50 \text{ then } 0.38, \\ \text{if } 50 < s_{i1} \leq 200 \text{ then } 0.38 + 0.52 * s_{i1} / 200, \\ \text{if } s_{i1} > 200 \text{ then } 0.9 \end{cases}$	
3 класе СЗЗ 100 -300 м	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i1} \leq 100 \text{ then } 0.25, \\ \text{if } 100 < s_{i1} \leq 600 \text{ then } 0.25 + 0.6 * s_{i1} / 600, \\ \text{if } s_{i1} > 600 \text{ then } 0.85 \end{cases}$	
2 класе СЗЗ 300 -500 м	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i1} \leq 125 \text{ then } 0.2, \\ \text{if } 125 < s_{i1} \leq 1000 \text{ then } 0.2 + 0.6 * s_{i1} / 1000, \\ \text{if } s_{i1} > 1000 \text{ then } 0.8 \end{cases}$	
1 класе СЗЗ понад 1000	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i1} \leq 200 \text{ then } 0.1, \\ \text{if } 200 < s_{i1} \leq 2000 \text{ then } 0.2 + 0.6 * s_{i1} / 2000, \\ \text{if } s_{i1} > 2000 \text{ then } 0.8 \end{cases}$	

Об'єкти позитивного впливу		
Зелені зони		
Категорія 1 площею до 1.5 га	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i4} \leq 100 \text{ then } 1, \\ \text{if } 100 < s_{i4} \leq 1000 \text{ then } 1 - 0.2 * s_{i4} / 1000, \\ \text{if } s_{i4} > 1000 \text{ then } 0.38 \end{cases}$	
Категорія 2 площею від 1.5 га до 10 га	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i4} \leq 100 \text{ then } 1, \\ \text{if } 100 < s_{i4} \leq 500 \text{ then } 1 - 0.62 * s_{i4} / 500, \\ \text{if } s_{i4} > 500 \text{ then } 0.38 \end{cases}$	
Категорія 3 Понад 10 га	$\text{Koeff} = \begin{cases} \text{if } s_{i4} \leq 50 \text{ then } 0.9, \\ \text{if } 50 < s_{i4} \leq 300 \text{ then } 0.9 - 0.52 * s_{i4} / 300, \\ \text{if } s_{i4} > 300 \text{ then } 0.38 \end{cases}$	

Алгоритми формування GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням ЧФБ для класів об'єктів



Алгоритми формування GRID-моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС з використанням ЧФБ для підкласів об'єктів

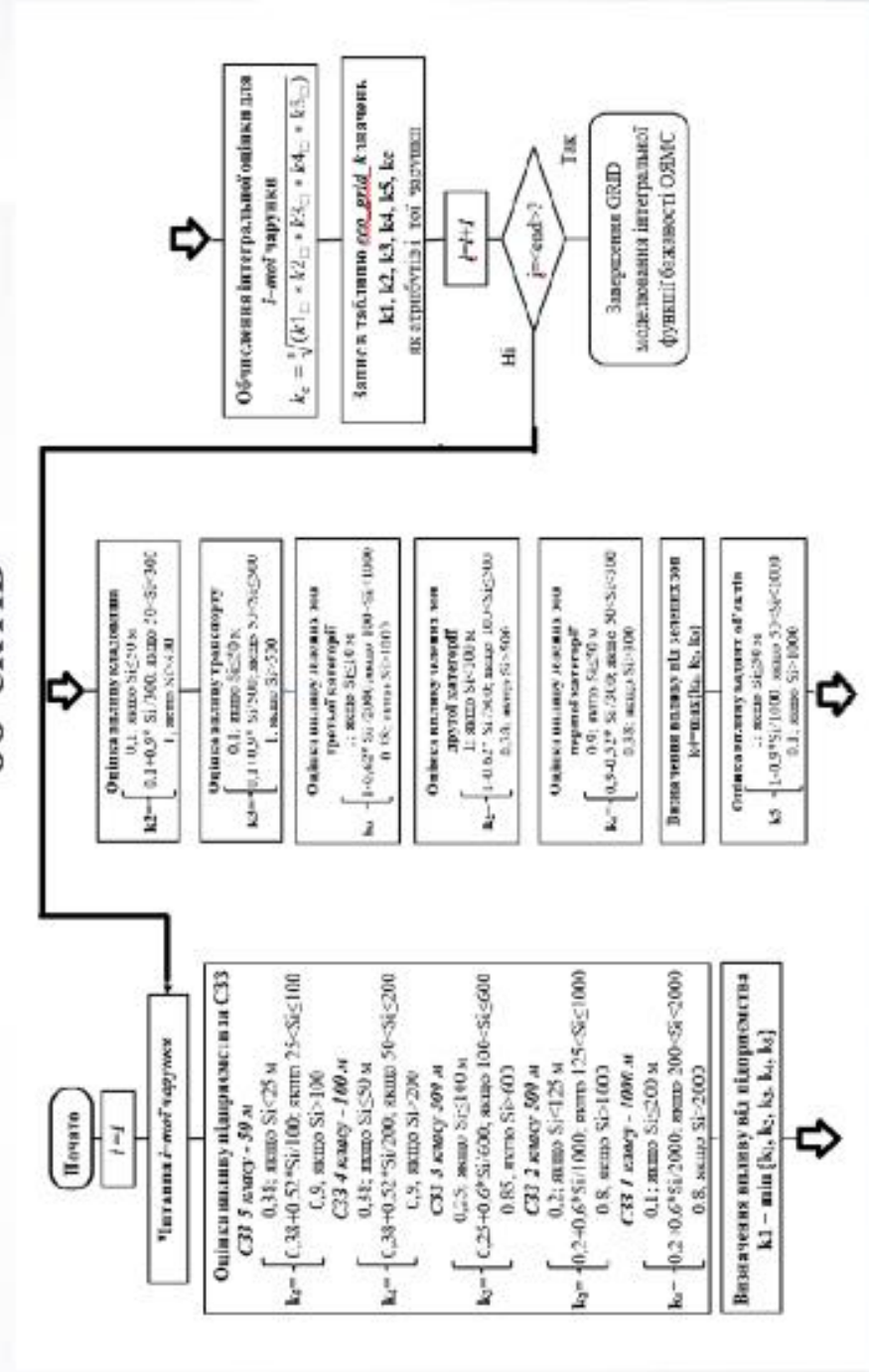


Схема алгоритму формування полігонального покриття множині полігонів ОЦР моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС на

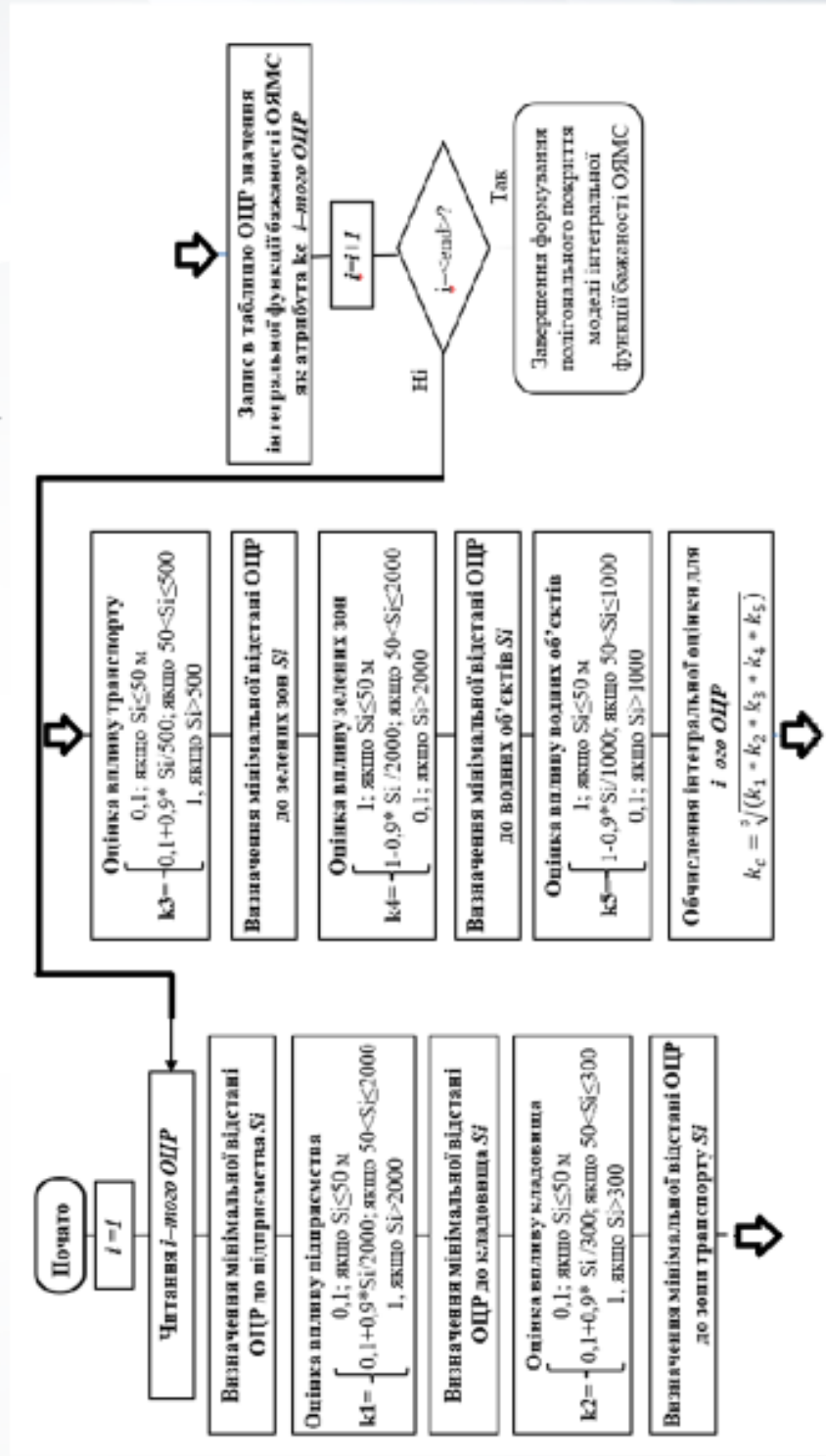
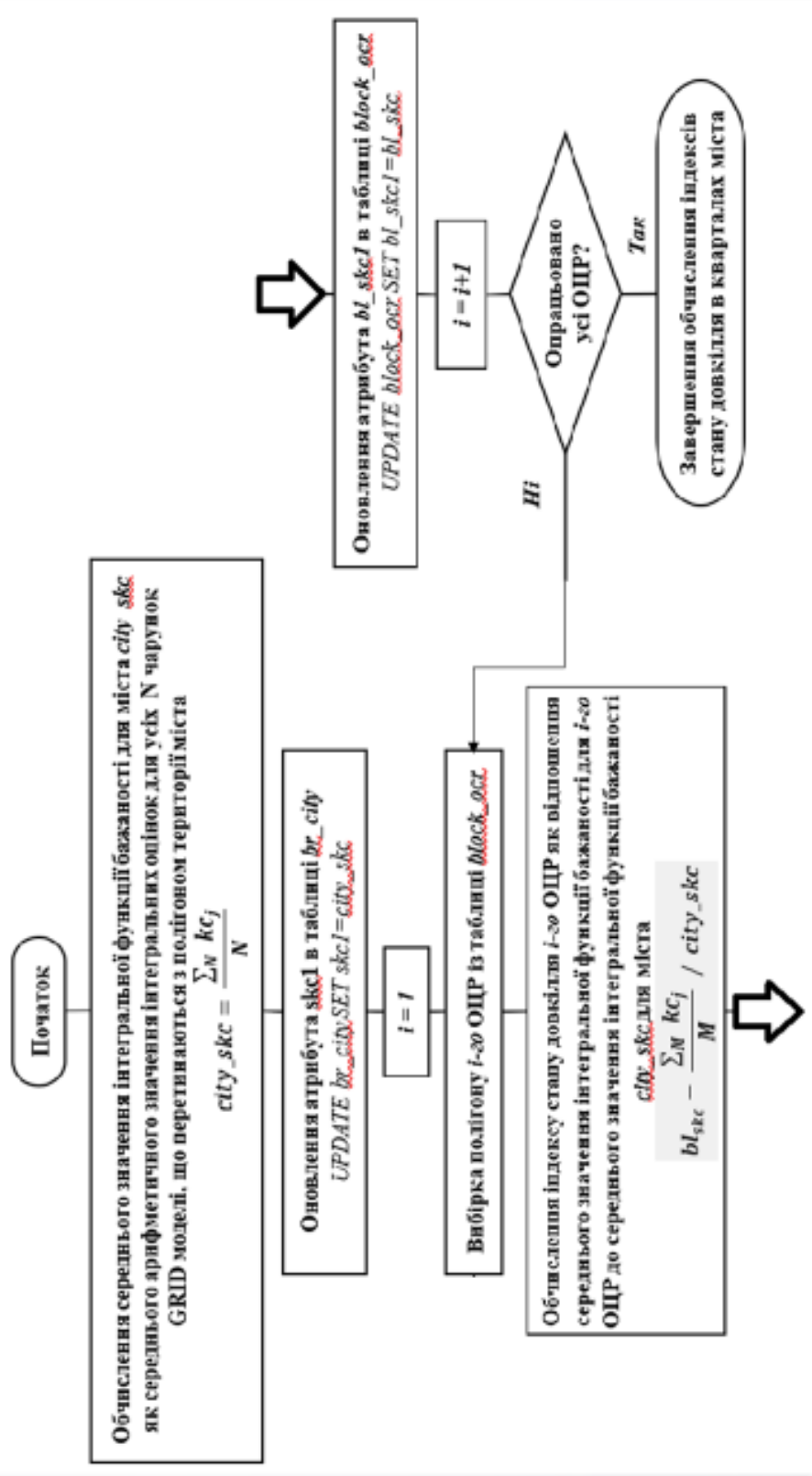


Схема алгоритму обчислення індексу якості довкілля ОЦР міста



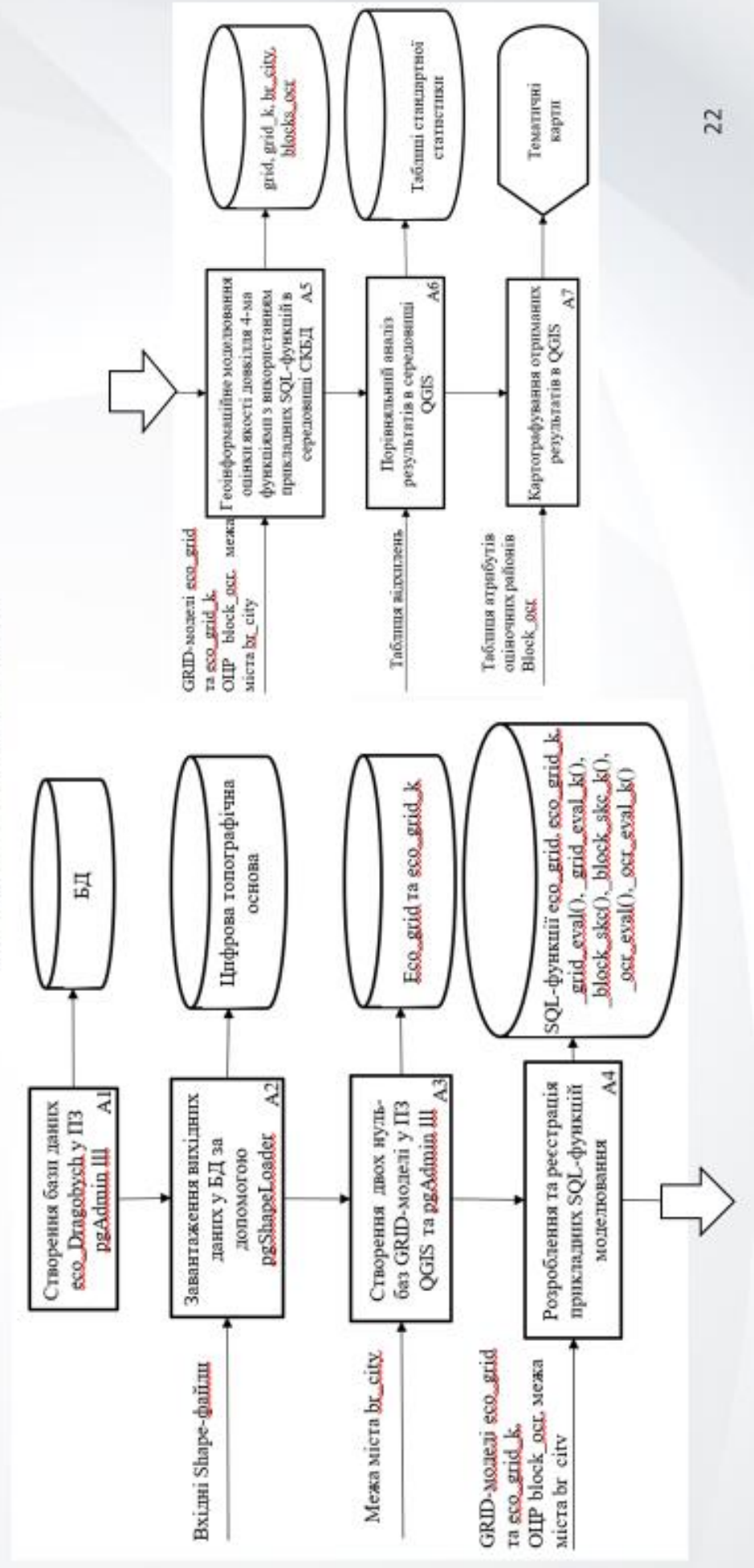
Реалізація прикладних SQL-функцій геоінформаційного моделювання поверхні функції бажаності ОЯМС

```
-- Function: _grid_eval_k()
-- DROP FUNCTION _grid_eval_k();

-- Призначена для обчислення GRID поверхні функції бажаності
-- за методом набліженого сумішства чарунков сітки до 0,5*сх1а
-- площу в урахуванням категорії промислових зон та зелених
-- "поверхніст" в площу

CREATE OR REPLACE FUNCTION _grid_eval_k()
RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
sil double precision;
s11 double precision;
s12 double precision;
s13 double precision;
s14 double precision;
s15 double precision;
koef1 double precision;
koef2 double precision;
koef3 double precision;
koef4 double precision;
koef5 double precision;
l record;
BEGIN
FOR i IN (SELECT gid FROM eco_grid_k)
loop
--Оцінка ступня довжини для кожної чарунки сітки транспортних мережі
-- підприємств в урахуванням категорії/розміру CSS
-- CSS 5 класу - 50 м
sil:=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=1);
koef:=CASE
WHEN sil<=200 THEN 0.2+0.6*sil/2000
else 0.4
end;
IF koef<koef1 then koef:=koef;
--Оцінка ступня довжини для кожної чарунки сітки площу зелених
FROM eco_grid k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid);
koef:=CASE
WHEN sil<=50 THEN 0.2
WHEN sil>=50 and sil<=200 THEN (0.2+0.8*sil/500)
else 1
end;
--Оцінка ступня довжини для кожної чарунки сітки транспортних мережі
s11:=SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid k g, transport_zone h
where g.gid=i.gid);
koef:=CASE
WHEN s11<=25 THEN 0.2
WHEN s11>=25 and s11<=300 THEN (0.2+0.7*s11/300)
else 0.4
end;
--Оцінка ступня довжини для кожної чарунки сітки площу парків
-- в урахуванням категорії парку
-- для кожної території парків
s14:=SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid k g, green_zones h
where g.gid=i.gid and h.cat_cod=3);
koef:=CASE
WHEN s14<=100 THEN 1
WHEN s14>=100 and s14<=1000 THEN (1-0.65*s14/1000)
else 0.35
end;
end if;
-- CSS 1 класу - 1000 м
sil:=(SELECT min(ST_Distance(g.geom, h.geom))
FROM eco_grid k g, prom_zones h
where g.gid=i.gid and h.szz_class=1);
koef:=CASE
```

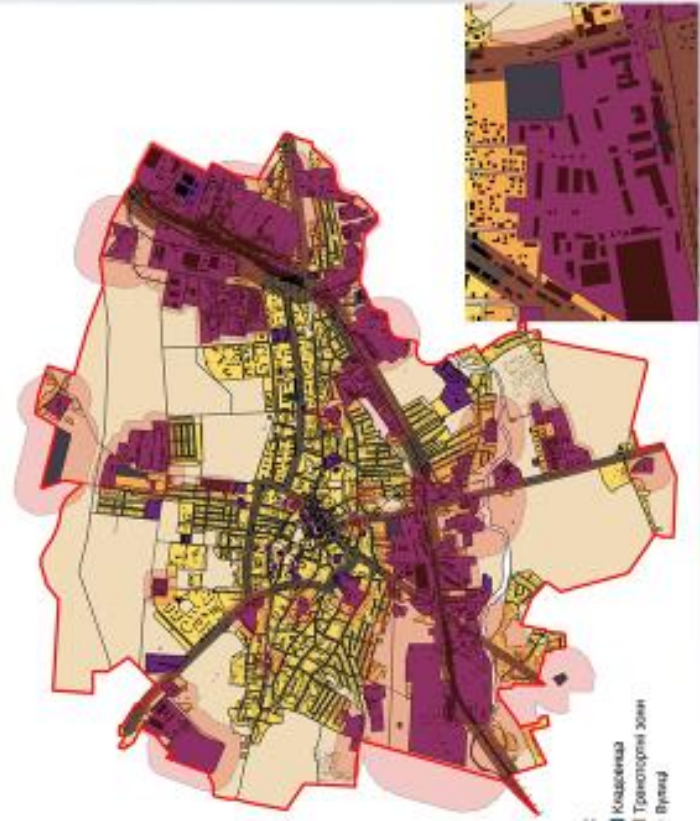
Технологічна схема дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС



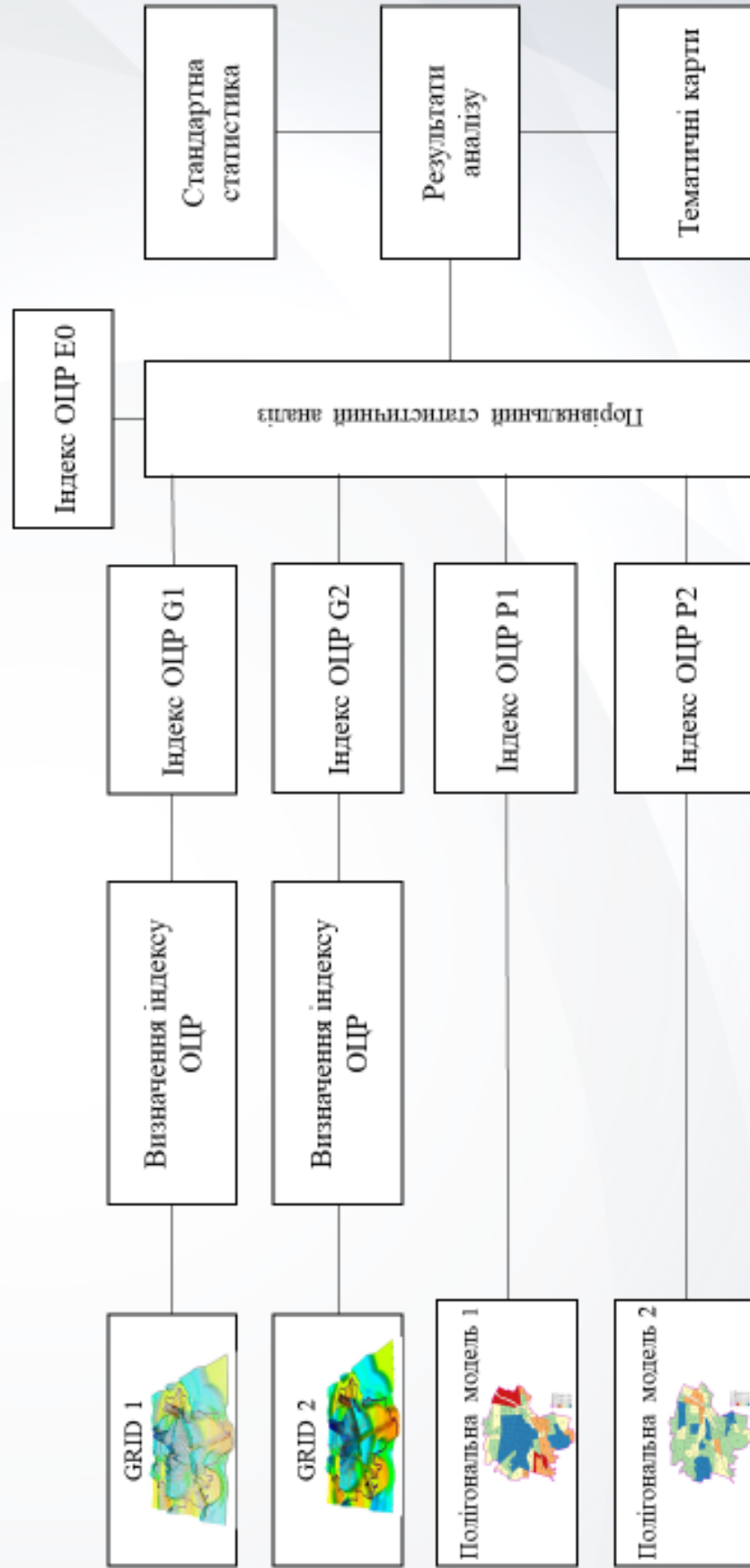
Склад вихідних геопросторових даних на дослідну територію м. Дрогобич



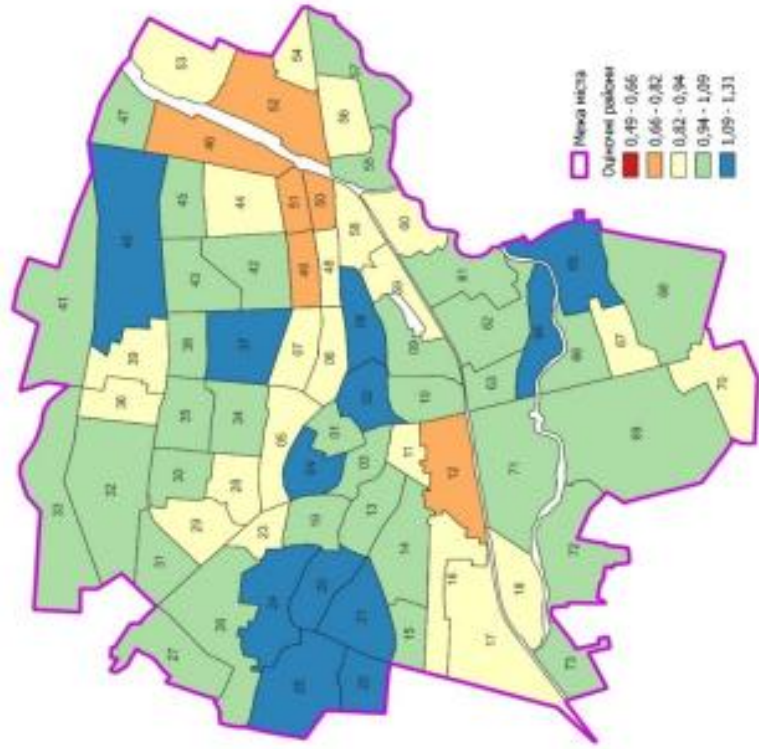
Електронні карти об'єктів позитивного та негативного впливу



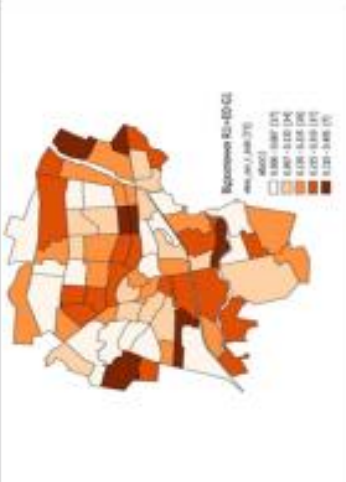
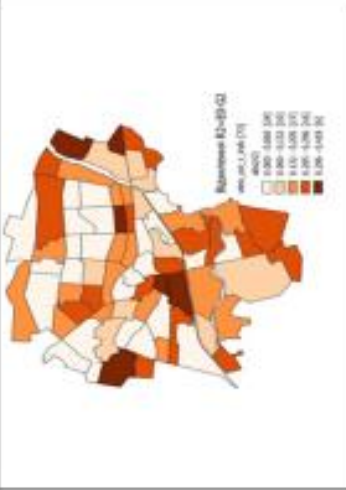
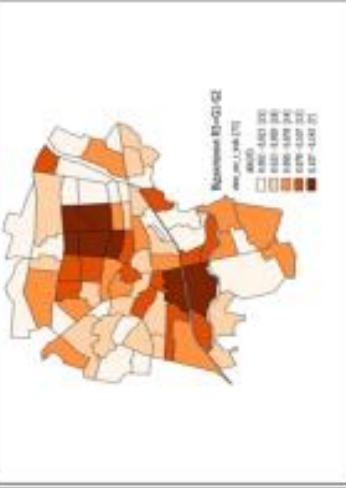
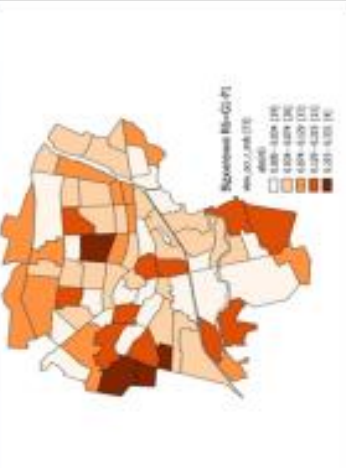
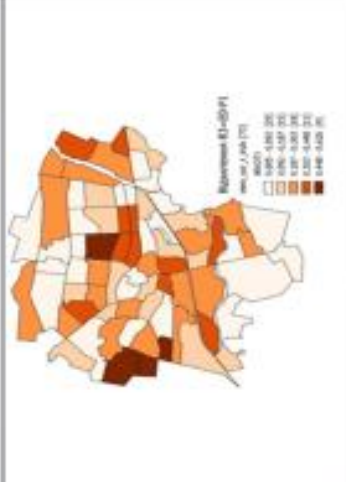
Зміст обчислювального експерименту



Картограма індексу якості довкілля ОЦР м. Дрогобич за полігональною моделлю поверхні ІФБ якості середовища



Картограми відхилень індексу довкілля ОЦР м. Дрогобич за варіантами моделей ОЯМС

 <p>Картограма відхилення $abs(E0-G1)$</p>	 <p>Картограма відхилення $abs(E0-G2)$</p>	 <p>Картограма відхилення $abs(G1-G2)$</p>	 <p>Картограма відхилення $abs(G1-P1)$</p>
<p>Картограма відхилення $abs(E0-G1)$</p>	<p>Картограма відхилення $abs(E0-G2)$</p>	<p>Картограма відхилення $abs(G1-G2)$</p>	<p>Картограма відхилення $abs(G1-P1)$</p>
 <p>Картограма відхилення $abs(E0-P1)$</p>	 <p>Картограма відхилення $abs(E0-P2)$</p>	 <p>Картограма відхилення $abs(G2-P2)$</p>	 <p>Картограма відхилення $abs(P1-P2)$</p>
<p>Картограма відхилення $abs(E0-P1)$</p>	<p>Картограма відхилення $abs(E0-P2)$</p>	<p>Картограма відхилення $abs(G2-P2)$</p>	<p>Картограма відхилення $abs(P1-P2)$</p>

Схеми статистичного аналізу результатів

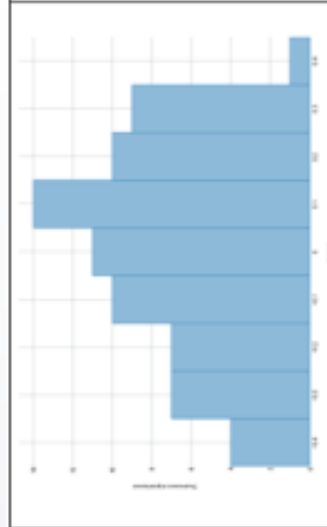


Рис. 3.18.

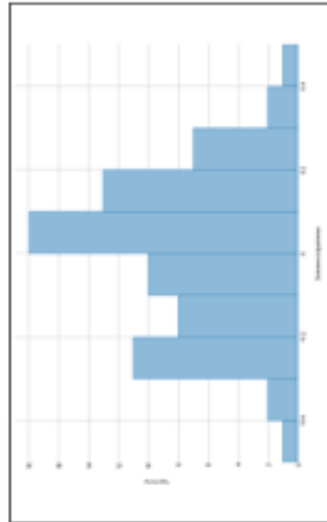
Гістограма відхилення $R1 = (E0 - G1)$ 

Рис. 3.19.

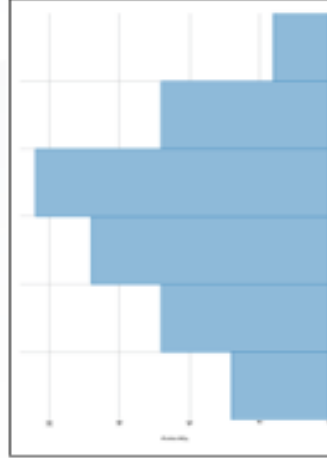
Гістограма відхилення $R2 = (E0 - G2)$ 

Рис. 3.22.

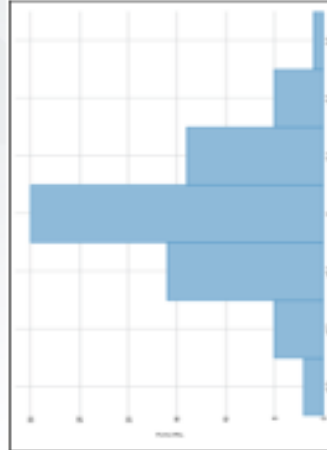
Гістограма відхилення $R5 = (G1 - G2)$ 

Рис. 3.23.

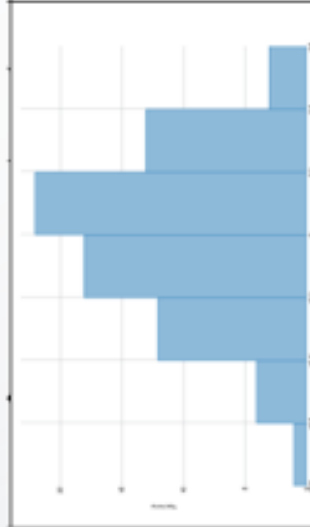
Гістограма відхилення $R6 = (G1 - P1)$ 

Рис. 3.20.

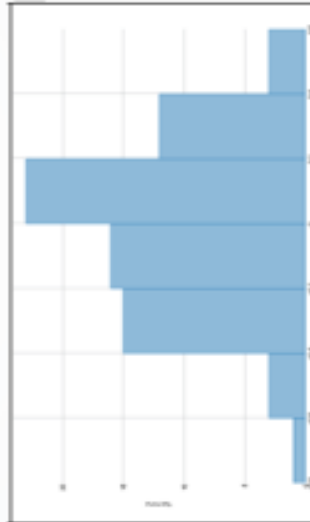
Гістограма відхилення $R3 = (E0 - P1)$ 

Рис. 3.21.

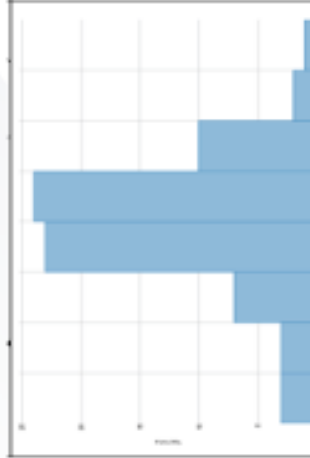
Гістограма відхилення $R4 = (E0 - P2)$ 

Рис. 3.24.

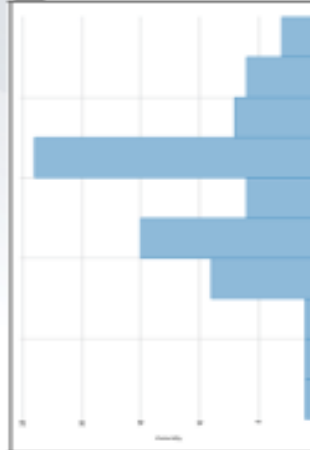
Гістограма відхилення $R7 = (G2 - P2)$ 

Рис. 3.25.

Гістограма відхилення $R8 = (P1 - P2)$

Стандартна статистика відхилень значень індексів якості довкілля ОЦР

Відхилення для парного порівняння результатів за варіантами модельовання	Показники стандартної статистики							
	Кількість	Середнє	Медіана	Мінімум	Максимум	СКВ	Дисперсія	
$R1=(E0 - G1)$	73	0.0014	0.047	-0.405	0.399	0.2015	0.804	
$R2=(E0 - G2)$	73	-0.0010	0.011	-0.418	0.403	0.1816	0.821	
$R3=(E0 - P1)$	73	-0.0009	0.045	-0.626	0.505	0.2458	1.131	
$R4=(E0 - P2)$	73	-0.0105	0.006	-0.693	0.435	0.2402	1.128	
$R5=(G1 - G2)$	73	-0.0026	0.002	-0.143	0.131	0.0666	0.274	
$R6=(G1 - P1)$	73	-0.0023	0	-0.301	0.332	0.1095	0.633	
$R7=(G2 - P2)$	73	-0.0094	0	-0.396	0.376	0.1340	0.772	
$R8=(P1 - P2)$	73	-0.712	0.027	-0.276	0.163	0.0903	0.439	

Розподіл чисел значень за інтервалами абсолютних відхилень для варіантів пар порівняння результатів моделювання індексів довкілля ОЦР

Інтервал відхилення	Число значень в інтервалі для пар порівняння індексів довкілля ОЦР									
	<i>E0-G1</i>	<i>E0-G2</i>	<i>E0-P1</i>	<i>E0-P2</i>	<i>G1 - G2</i>	<i>G1 - P1</i>	<i>G2 - P2</i>	<i>P1 - P2</i>		
[0,00001;0,1]	27	28	25	25	63	53	47	52		
[0,1; 0,2]	19	21	15	14	10	14	17	19		
[0,2; 0,3]	18	18	17	17	0	4	5	2		
[0,3; 0,4]	8	4	8	10	0	2	4			
[0,4; 0,5]	1	2	5	5	0	0	0	0		
[0,5; 0,6]	0	0	2	1	0	0	0	0		
> 0,6	0	0	1	1	0	0	0	0		
Сума та відсоток	64	69	57	56	63	53	47	52		
задовільного збігу значень	87,67%	94,52%	78,08%	76,71%	86,3%	72,6%	64,38%	71,23%		

Висновки

В роботі виконано узагальнення та на прикладі міста Дрогобич отримано практичні результати щодо дослідження геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища з використанням відкритої інструментальної ГІС PostgreSQL, зокрема:

- за результатами аналізу стану і тенденції розвитку засобів геоінформаційного моделювання якості міського середовища та класифікації геоінформаційних моделей оцінювання якості міського середовища встановлено, що в сучасних системах для ОЯМС найширше застосовуються моделі з використанням часткових та інтегральної функції бажаності Харрінгтона для врахування впливу антропогенних та природних об'єктів на довкілля;
- розроблено компоненти методичного забезпечення дослідження геоінформаційних моделей ОЯМС
- розроблено логічну модель бази геопросторових даних та схеми реалізації прикладних SQL-функцій для формування GRID та полігональної моделі поверхні ІФБ ОЯМС в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS
- на прикладі м. Дрогобич проведено обчислювальний експеримент дослідження чотирьох варіантів геоінформаційних моделей ОЯМС з використанням GRID та полігональної моделі поверхні ІФБ
- за результатами обчислювального експерименту на реальних даних про об'єкти впливу на довкілля міста Дрогобич отримано оцінки збіжності для геоінформаційних моделей ОЯМС
- результати за варіантом GRID моделі поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в поєднанні з частковими функціями бажаності для підкласів об'єктів за категоріями інтенсивності впливу мають найкращу збіжність з базовою експертною оцінкою
- реалізація програмних SQL-функцій геоінформаційного моделювання поверхні інтегральної функції бажаності ОЯМС в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL/PostGIS забезпечує можливість для їх широкого практичного використання
- подальші дослідження пов'язані з поліпшенням моделей часткових функцій бажаності для врахування впливу антропогенних та природних об'єктів на якість міського середовища, а також дослідження моделей на прикладі міст і територіальних громад різної величини із різних регіонах країни.

Дякую за увагу!