

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

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

на тему:

**Геоінформаційне моделювання морфометричних
характеристик міської забудови**

Травкіна Оксана Анатоліївна

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**

**Геоінформаційне моделювання морфометричних
характеристик міської забудови**

Виконала студентка групи ГСТ-61

193 «Геодезія та землеустрій»

(спеціальність)

Геоінформаційні системи і технології

(спеціалізація)

Травкіна Оксана Анатоліївна

Керівник: Лященко А.А., проф., д.т.н.

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.

“ _____ ” _____ 2022 року

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

Травкіна Оксана Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Геоінформаційне моделювання морфометричних характеристик міської забудови

затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від « _____ » _____ 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: 04 грудня 2022 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

Р. 1. Зміст та завдання моделювання морфометричних характеристик міської забудови

Р. 2. Методичні засади геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови

Р. 3. Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій

Висновки

Список використаної літератури

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Завдання, структура та обмеження проекту. Case-діаграма використання морфометричних характеристик міської забудови. Система морфометричних характеристик міської забудови. Схема морфометричних характеристик міської забудови. Аналіз використання морфометричних характеристик міської забудови в різних сферах діяльності (таблиця).

Р. 2. Структурно-функціональна модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови (ГІС МФХ). UML-діаграма концептуальної модель БГД ГІС МФХ. Фрагмент каталогу класів об'єктів БГД ГІС МФХ. Схема алгоритму моделювання морфометричних характеристик будинків. Схема алгоритму геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території.

Р. 3. Технологічна схема реалізації ГІС МФХ. Логічна модель БГД ГІС МФХ в середовищі PostgreSQL/PostGIS. Схема прикладної SQL-функції для розрахунку морфометричних

характеристик будинків. Схема прикладної SQL-функції статистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території. Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій.

7. Календарний план виконання роботи:

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту
Розділ 1. Зміст та завдання моделювання морфометричних характеристик міської забудови. Основні визначення та сфери використання морфометричних характеристик міської забудови. Обґрунтування системи морфометричних характеристик міської забудови. Огляд публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови. Структура, завдання та обмеження проекту. Висновки до розділу 1.	08.10.2022
Розділ 2. Методичні засади геоінформаційного моделювання компактності міської забудови. Структурно-функціональна модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови. Концептуальна модель БГД ГІС МФХ. Розроблення каталогу класів об'єктів БГД ГІС МФХ. Алгоритм моделювання морфометричних характеристик будинків. Алгоритм геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території. Висновки до розділу 2.	7.11.2022
Розділ 3. Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови. Технологічна схема реалізації ГІС МФХ. Логічна модель БГД ГІС МФХ в середовищі PostgreSQL/ PostGIS. Реалізація прикладної SQL-функції морфометричних характеристик будинків. Реалізація прикладної SQL-функції геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території. Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій. Висновки до розділу 3. Загальні висновки.	28.11.2022
Складання резюме та остаточне оформлення роботи	02.12.2022
Подання роботи на перевірку на плагіат	04.12.2022
Подання роботи на рецензування	08.12.2022
Попередній захист роботи на кафедрі	10.12.2022

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 10 вересня 2021 р.

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

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

Студент _____ Травкіна О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary)		Травкіна Оксана Анатоліївна	
<i>До атестаційної випускної роботи студента:</i>			
<i>Назва ВНЗ</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема</i>	Геоінформаційне моделювання морфометричних характеристик міської забудови		
<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	20
<i>Розділ 1</i>	Визначено основні поняття та сфери використання моделювання морфометричних характеристик міської забудови (МФХ). Виконано огляд останніх публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови. Обґрунтовано систему морфометричних характеристик міської забудови багатопільового призначення. Визначено завдання та обмеження магістерської роботи.		
<i>Розділ 2</i>	Розроблено структурно-функціональну модель ГІС МФХ, концептуальну модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних (БГД) ГІС МФХ. Розроблено алгоритми моделювання МФХ будівель, МФХ забудови структурно-планувальних територій (СПТ) та алгоритми обчислення показників стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах СПТ різних типів.		
<i>Розділ 3</i>	Розроблено технологічну схему реалізації ГІС МФХ та логічну модель БГД в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS. Реалізовано програми прикладних SQL-функцій обчислення МФХ будинків, зон найближчого сусідства навколо них та СПТ рівня кварталів, адміністративних районів та міста в цілому, а також SQL-функцій для стандартної статистики індикаторів будівель в межах СПТ. В середовищі СКБД створено БГД на дослідні території, приведено результати моделювання МФХ забудови міст Харків та Бровари з використанням розроблених SQL-функцій. Виконано тематичне картографування та статистичний аналіз отриманих результатів для дослідних територій.		
<i>Висновки по роботі:</i>	Обґрунтовано склад морфометричних індикаторів будинків та морфометричних індикаторів забудови СПТ міста багатопільового використання. В середовищі відкритої СКБД PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS реалізовано набір програмних SQL-функцій геоінформаційного моделювання МФХ міської забудови та формування показників стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах СПТ міста. Коректність роботи розроблених засобів Геоінформаційне моделювання морфометричних індикаторів міської забудови підтверджено результатами обчислювального експерименту на прикладі реальних даних для міст Харків та Бровари. Реалізація прикладних SQL-функцій моделювання МФХ забудови міської території в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL забезпечує можливість їх широкого практичного використання.		
Ключові слова: моделювання морфометричних характеристик, бази геопросторових даних, СКБД PostgreSQL/PostGIS, міська забудова			
Keywords: modeling of morphometric characteristics, geospatial databases, PostgreSQL/PostGIS, urban development			

Укладачка: _____ / Травкіна О.А./

Керівник: _____ /Лященко А.А./

« ____ » _____ 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 Зміст та завдання моделювання морфометричних характеристик міської забудови	9
1.1 Основні визначення та сфери використання морфометричних характеристик міської забудови	9
1.2 Обґрунтування системи морфометричних характеристик міської забудови	14
1.3 Огляд публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови та постановка задачі дослідження.....	18
1.4 Структура, завдання та обмеження проекту.....	24
Висновки до розділу 1.....	26
2 Методичні засади геоінформаційного моделювання компактності міської забудови	29
2.1 Структурно-функціональна модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови	29
2.2 Концептуальної модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних ГІС МФХ	30
2.3 Розроблення алгоритмів геоінформаційного моделювання морфометричних міської забудови.....	39
2.3.1 Алгоритм моделювання морфометричних індикаторів будівель	39
2.3.2 Алгоритм моделювання морфометричних індикаторів забудови зон найближчого сусідства навколо будівель.....	41
2.3.3 Алгоритм моделювання морфометричних індикаторів забудови структурно-планувальних територій міста	42
2.4 Розроблення алгоритмів формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах окремих територій міста	43
2.4.1 Алгоритм формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах структурно-планувальних територій міста	43
2.4.2 Алгоритм формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства	45
Висновки до розділу 2.....	46
3. Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови	48
3.1. Технологічна схема реалізації ГІС МФ.....	48

3.2	Логічна модель БГД ГІС МФХ в середовищі PostgreSQL/PostGIS	55
3.2.1	Схема таблиці <i>buildings</i> для морфометричних індикаторів будівель...	55
3.2.2	Схема таблиці <i>zones</i> для морфометричних індикаторів забудови в зонах найближчого сусідства будівель	56
3.2.3	Схема таблиці <i>blocks</i> для морфометричних індикаторів забудови кварталів	57
3.2.3	Схема таблиці <i>districts</i> для морфометричних індикаторів забудови адміністративних районів міста	57
3.2.4	Схема таблиці <i>city</i> для морфометричних індикаторів забудови території міста	58
3.2.5	Схеми таблиць для стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель межах структурно-планувальних об'єктів міста	58
3.3	Схеми реалізація прикладних SQL-функції для моделювання морфометричних характеристик міської забудови	61
3.3.1	Схема реалізації функції <i>morpho_build</i> для моделювання морфометричних індикаторів будівель	62
3.3.2	Схема реалізації функції <i>morpho_zone</i> для моделювання морфометричних індикаторів забудови зон найближчого сусідства навколо будівель	64
3.3.3	Схема реалізації функцій для моделювання морфометричних індикаторів забудови структурно-планувальних територій міста	66
3.4	Схеми реалізація прикладних SQL-функції формування стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах окремих територій міста	69
3.4.1	Загальна характеристика функцій групи стандартної статистики .	69
3.4.2	Схема реалізації функції для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах планувальних територій	72
3.4.3	Схема реалізації функції <i>mr_stat_zone</i> для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства	73
3.5.	Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій	75
	Висновки до розділу 3	82
	ВИСНОВКИ	83
	Список використаних джерел.....	85
	Додаток А Тексти розроблених SQL-функцій.....	88
	А.1 Функція <i>morpho_build</i> для моделювання морфометричних індикаторів будівель.....	88

A.2 Функція morpho_zone для моделювання морфометричних індикаторів забудови зон найближчого сусідства для будівель.....	89
A.3 Функція morpho_block для моделювання морфометричних індикаторів забудови території кварталів.....	91
A.4 Функція morpho_district для моделювання морфометричних індикаторів забудови території адміністративних районів міста.....	93
A.5 Функція morpho_city для моделювання морфометричних індикаторів забудови території районів міста.....	94
A.6 Функція mr_stat_zone для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства.....	95
A.7 Функція mr_stat_block для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах кварталів.....	99
A.8 Функція mr_stat_district для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах районів міста.....	102
A.9 Функція mr_stat_city для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах міста.....	105

ВСТУП

Актуальність теми. Характеристика та аналіз міської морфології є постійним завданням у наукових дослідженнях міських територій, у екологічному аналізі та в багатьох інших сферах. У міру того, як доступність і якість даних про них зростає, морфометричні індикатори будівель привертають більше уваги фахівців у різних сферах. Однак інструменти та дані, що сприяють широкомасштабним дослідженням, а також міждисциплінарний консенсус щодо показників залишаються дефіцитними та часто неадекватними.

В якісних морфометричних характеристиках міської забудови постійно зростає потреба в багатьох сферах, зокрема в:

просторовому плануванні міст, містобудівному кадастрі та містобудівному моніторингу;

плануванні заходів енергозбереження будівель;

розвитку зеленої енергетики у містах;

удосконаленні автоматизованої класифікації будівель при використанні цифрових знімків у виробництві геопросторових даних і топографічних планів;

автоматизованій ідентифікації будівель за просторовими властивостями при інтегруванні наборів геопросторових даних з різних джерел;

оцінюванні матеріальних втрат внаслідок стихійних лих та воєнних дій.

Визначення морфометричних характеристик міської забудови ґрунтується на просторових характеристиках будівель та їх просторових відношень з об'єктами планувальної структури міської території, що зумовлює доцільність застосування ГІС для ефективного вирішення цієї задачі з метою задоволення потреб багатьох сфер в якісних геопросторових даних з морфологічними характеристиками міської забудови.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи* є удосконалення засобів геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови з урахуванням вимог їх багатоцільового використання.

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

- аналіз змісту морфометричних характеристик міської забудови та предметних сфер їх використання;
- аналіз публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови;
- обґрунтування багатоцільової системи морфометричних характеристик міської забудови;
- розроблення структурно-функціональну модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови (ГІС МФХ);
- розроблення концептуальної моделі та каталогу класів об'єктів бази геопросторових даних (БГД) ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови;
- розроблення логічної моделі БГД ГІС МФХ з урахуванням вимог її реалізації в середовищі СКБД PostgreSQL/ PostGIS;
- розроблення алгоритму моделювання морфометричних характеристик будинків та прикладної SQL-функції його реалізації;
- розроблення алгоритму геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території та прикладної SQL-функції його реалізації;
- створення бази наборів геопросторових даних для дослідних територій міст України та геоінформаційне моделювання морфометричних характеристик забудови для них.

Об'єкт дослідження: територія міської забудови;.

Предмет дослідження: моделі і технології геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови.

Методи дослідження. Методологічну основу роботи складають: монографічний метод опрацювання наукових публікацій, нормативних документів з моделювання морфометричних характеристик міської забудови та їх багатоцільового використання;

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

методи реалізації прикладних SQL-функцій в середовищі об'єктно-реляційної СКБД;

методи геоінформаційного та геостатистичного аналізу геопросторових даних при моделюванні морфометричних характеристик міської забудови в ГІС;

методи геоінформаційного картографування для зображення та аналізу результатів моделюванні морфометричних характеристик міської забудови в ГІС.

Новизна одержаних результатів. В роботі виконано узагальнення та практичне вирішення прикладної задачі з удосконалення технології геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови, зокрема:

розроблено концептуальні моделі та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних (БГД) ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови з урахуванням вимог їх багатоцільового використання;

розроблено алгоритм моделювання морфометричних характеристик будинків та прикладну SQL-функцію його реалізації в середовищі ОР СКБД;

розроблено алгоритм геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території даних та прикладну SQL-функція його реалізації в середовищі ОР СКБД.

Вихідні інформаційні ресурси роботи. Для виконання роботи як вихідні дані були використані такі інформаційні ресурси:

набори геопросторових даних на територію міст Бровари та Харків;

спутникові знімки Махаг з роздільною здатністю 1 м.

Робота ґрунтується на результатах досліджень вітчизняних та закордонних науковців в сфері геоінформатики та міської морфології, зокрема: Філіп Білджескі, Йонг Шін Чоу, Гонгчао Фан, Александр Зіпф, Ф. В. Стольберг, О. Ю. Чернікова, Мозговий А.А., Н. В. Павліха, М. В. Войчук.

**РОЗДІЛ 1. ЗМІСТ ТА ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ
МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКОЇ
ЗАБУДОВИ**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Травкіна О.А.			Геоінформаційне моделювання морфометричних характеристик міської забудови	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив.		Лященко А.А.					1	6
Керівник		Лященко А.А.				КНУБА, група ГСТ-61м		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

1 ЗМІСТ ТА ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

1.1 Основні визначення та сфери використання морфометричних характеристик міської забудови

Міста мають вирішальне значення для людей, суспільства та навколишнього середовища в сучасну епоху урбанізації, «століття мегаполісів». Екологічні, економічні та соціальні показники міст у найближчі три-чотири десятиліття визначатимуть майбутнє планети. І все ж чітке та надійне розуміння того, як міста змінюються, тобто «наука про міста та планування міст», сьогодні лише зароджується [13].

Міста є продуктом людської культури. Таким чином, вони змінюються з часом, реагуючи на зміну людських потреб і звичок, і все ж вони, очевидно, мають спільні властивості в різних масштабах як у просторі, так і в часі. Такими властивостями є просторові відносини між фізичними об'єктами, такими як околиці, квартали, вулиці, площі, будівлі, парки чи річки. Цей вимір міського простору впливає на важливу непросторову динаміку, таку як ідентичність, доступність, безпека, процвітання, якість життя, добробут і, зрештою, стійкість міської системи в цілому [14].

Незважаючи на те, що в галузі морфометричних характеристик міської забудови було досягнуто значних успіхів та існує величезна кількість дослідницьких робіт, присвячених параметризації будівель під егідою міської форми, немає ні огляду, ні інвентаризації, ні консенсусу щодо них. Авторами статті Філіпом Білджескі, Йонг Шін Чоу було проведено систематичний огляд, щоб визначити загальноживані показники та сформувані структуру, а також представити результати разом із спостереженнями з огляду. Маючи на увазі масштабованість і мультидисциплінарність, зосереджену на показниках, які не потребують даних, які є недоступними для широкого загалу (тобто використані сліди будівель), і тих, які не вимагають складного програмного забезпечення

моделювання, яке є ексклюзивним для певної області та не масштабується. У той час як автори стикаються з неоднорідним ландшафтом метрик і термінологічних розбіжностей, визначаються загальні закономірності та отримується список індикаторів, які можуть служити калейдоскопічному набору тем, і вводяться нові похідні параметри, розширюючи можливості в цій області.

По-друге, інструменти для обчислення таких показників форми будівлі є дефіцитними, і вони можуть не підходити для задоволення великомасштабних потреб. Оскільки масштаби морфологічного аналізу, зокрема на вуличних мережах, зростають і іноді включають загальнонаціональні дослідження та поза ними робота з підтримки широкого аналізу з використанням будівельних даних є необхідною та своєчасною. Беручи до уваги збільшення даних про будівлі, наприклад, відкритих державних даних про будівлі та великомасштабних даних, оприлюднених компаніями та академічними колами дослідження з використанням будівель у майбутньому лише зростатимуть.

Представляється розробка інструменту для реалізації обчислення сотень індикаторів, структурованих після перегляду та створення великомасштабної бази даних, яка підходить для керування та аналізу великих даних, як ми демонструємо на кількох прикладах. Реалізація роботи як бази даних, а не як настільного інструменту, як більшість пов'язаних робіт має багато переваг, які будуть розглянуті пізніше. Розроблений код є безкоштовним із відкритим вихідним кодом, він розширюваний (наприклад, дозволяє додавати нові індикатори, якщо необхідно), налаштовується (наприклад, підтримує різні форми вхідних і вихідних даних) і гнучкий (наприклад, його можна використовувати для обчислення індикаторів у будь-якому місці майже в будь-якому масштабі та роздільній здатності).

По-третє, хоча обчислення таких індикаторів може бути трудомістким, забираючи час дослідників, особливо в дослідженнях, які все частіше включають кілька місць (Kraff, Wurm, & Taubenbock, 2020") [16], немає загальнодоступних наборів даних із попередньо обчисленими індикаторами, які можна було б легко використовувати. Наявність готового до використання набору даних може

заощадити значні зусилля дослідників, надати інформацію про міську морфологію серед дослідників, менш схильних до обчислень, і дати змогу швидко провести порівняльні дослідження за участю кількох міст, що є рідкісним явищем. Розроблений метод і високопродуктивне обчислення використовується для розрахунку показників будівель у багатьох містах світу, де такі дані доступні (головним чином завдяки OpenStreetMap (OSM)), і агрегується відповідно до зон, визначених як глобальними адміністративними, так і глобальними сіткою набір даних про населення в дрібному масштабі. Попередньо обчислені набори даних розміщуються в загальнодоступному сховищі, безперервно зростаючи.

Індикатори рівня будівлі наведені в таблиці 1.1. список індикаторів на рівні будівлі. Деякі з індикаторів проілюстровано на рис. 1.1 , тоді як рис. 1.2 розширює приклади, зображуючи індикатори рівня будівлі, які були отримані з буфера, оточеного навколо будівлі.

Таблиця 1.1 Список індикаторів на рівні будівлі (як незалежних, так і контекстних екземплярів разом із їхніми рангами у відповідній зоні).

Індикатор	Тип даних	Одиниця
Площа сліду	Десятковий	м ²
Периметр	Десятковий	м
Висота	Десятковий	м
Співвідношення висоти до площі сліду	Десятковий	м ⁻¹
Об'єм	Десятковий	м ³
Площа стіни	Десятковий	м ²
Зона конверга	Десятковий	м ²
Кількість вершин	Ціле число	
Складність	Десятковий	
Компактність	Десятковий	
Еквівалентний прямокутний індекс	Десятковий	
MBR (*a) Довжина	Десятковий	м
MBR (*a) Ширина	Десятковий	м
MBR (*a) Площа	Десятковий	м ²
Орієнтація (азимут)	Десятковий	градуси
Поверховість	Ціле	
Площа	Десяткове число	м ²

Продовження табл.1.1

Кількість сусідів	Ціле число	
Покриття сайту в буфері	Ціле число	
Відстань до сусідів (*b):		
– Мінімум	Десятковий	м
– Медіана	Десятковий	м
– Середнє	Десятковий	м
– Максимум	Десятковий	м
– Сума	Десятковий	м
– Стандартне відхилення (SD)	Десятковий	м
– Індекс дисперсії (D)	Десятковий	м
– Коефіцієнт варіації (CV)		
Зона сліду сусіда (b)		
– Ті самі 8 описових статистичних даних, що й вище. Відношення висоти сусіда до відстані (b,c)	Десятковий	
– Ті самі 8 описових статистичних даних, що й вище		

Таким чином визначено 17 показників, які розраховуються лише на основі характеристик будівлі, в яких навколишній контекст не відіграє жодної ролі; і 26 індикаторів, які обчислюються на основі будівель, що його оточують. Усі ці показники можна використовувати для розрахунку похідних показників. Крім того, для кожного показника можна обчислити ранг як процентиль метрики в зоні, в якій розташована будівля. Наприклад, процентиль площі сліду щодо певної зони. Ця метрика також є прикладом того, як різні рівні пов'язані, оскільки її неможливо обчислити лише на основі окремих будівель, що вимагає агрегування в зоні.

Індикатори здебільшого не мають пояснень, проте деякі потребують додаткового пояснення. Є три показники, які розраховуються на основі мінімальної обмежувальної рамки (MBR) площі будівлі: довжина, ширина та площа. Крім того, існує чотири показники, які параметризують форму сліду: складність форми, компактність форми, еквівалентний прямокутний індекс і кількість вершин (Angel, Parent, & Civco, 2010 ; Basaraner & Cetinkaya, 2017)[17].

Контекстні показники, розраховані для кожної будівлі з будівель, які знаходяться в буфері навколо неї, такі: кількість сусідів, відстані, площа слідів і співвідношення висоти сусідів до відстані. Останні три є списком, який містить вісім статистичних показників: мінімум, медіана, середнє, максимум, сума, стандартне відхилення, індекс дисперсії (D ; також відомий як відношення дисперсії до середнього) і коефіцієнт варіації (CV ; також відомий як відносне стандартне відхилення).

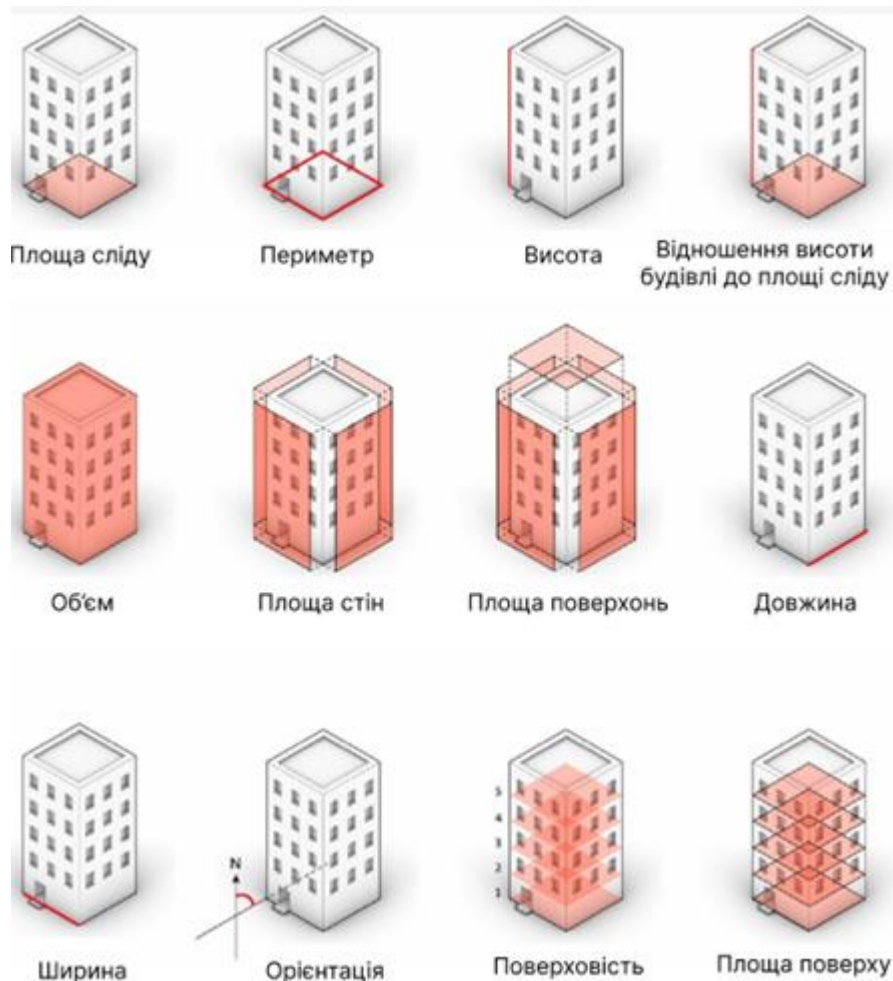


Рис. 1.1 Ілюстрація незалежних показників на рівні будівлі [Переклад Травкіна О.А., 4]

Показники, обчислені на рівні будівлі, є суттю практично всіх морфометричних досліджень. Однак лише незначна кількість досліджень, зосереджена на таких індикаторах адже більшу увагу все таки приділяють їхнім агрегаціям у зоні вищого рівня. Проте ці показники є важливими для розрахунку агрегованих відповідників, тому їм слід приділяти належну увагу.

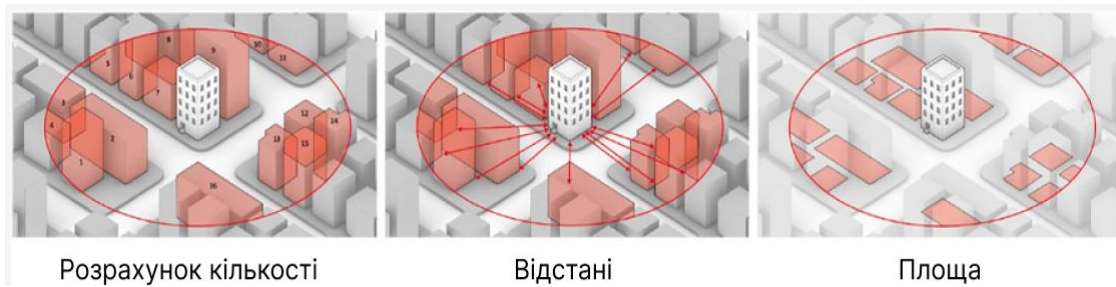


Рис. 1 2. Ілюстрація контекстних аспектів, обчислених на рівні будівлі на основі її оточення [Переклад Травкіна О.А., 4]

1.2 Обґрунтування системи морфометричних характеристик міської забудови

Для морфології міста визначення характеру розділення має значення з огляду на те, що вона дає уявлення про внутрішню визначеність та ступінь виразності морфологічно значимих одиниць матеріальної структури міста, а це, своєю чергою, впливає на вибір прийомів та методів морфологічного дослідження.

Значення розділення матеріальної структури міста визначаються за результатами морфографічного та морфометричного аналізу. Специфіка розділення виражається якісними характеристиками. Вони виходять із особливостей логічного розділення матеріальної структури міста і обмежуються вільним, геометризованим та комбінованим типами. Під час узагальнення ознак, що описують геометричні характеристики фізичної форми міста, стають явними специфічні риси його морфологічної структури. А це, своєю чергою, дало підстави визначити істотні для морфологічної оцінки матеріальної структури міста характеристики, що можуть виражатися текстурою та ступенем ущільнення її складових.

Отже, текстурні характеристики спрямовані на визначення особливостей просторового розташування морфологічно значущих одиниць матеріальної структури міста. Специфіка їх розташування виражається зображенням морфологічної структури міста в межах певного ієрархічного рівня і вказує на спосіб та характер наповненості. Іншим є дослідження формальних ознак матеріальної структури міста на мікрорівні, де мінімальний елемент опису

текстури не відповідає значенню морфологічної одиниці і виражається забудовою та простором довкола неї. Зазначений підхід є компромісним, оскільки відповідає, доповнює та уточнює уже наявні дослідження про особливості формування міського середовища через специфіку щільності забудови на певній території та не суперечить концепції про громадський простір міста. Значення текстурних характеристик визначається за результатами морфографічного аналізу і зводиться до ознак та відповідних типів.

Морфометричні характеристики міської забудови постійно необхідні в різноманітних сферах урбанізованого середовища, зокрема в:

просторовому плануванні міст, містобудівному кадастрі та містобудівному моніторингу для розрахунків показників, компактності, щільності, що використовуються при плануванні кварталів, структурної наповненості та їх обмежень;

плануванні заходів енергозбереження будівель для обчислення кількості сонячної енергії, що припадає на кожен будинок, тим самим визначаючи наскільки прогріваються стіни будівлі, відсотку теплозбереження будинків за рахунок їх щільного розсташування та інші;

розвитку зеленої енергетики у містах за рахунок знаходження найбільш ефективних місць (дах, фасад будівлі) для встановлення сонячних батарей, а також обчислення споживання енергії, що опалює будинок, для визначення комплексу оптимальних умов та рішень, що забезпечать комфортну життєдіяльність при максимальній енергоекономії;

удосконаленні автоматизованої класифікації будівель при використанні цифрових знімків у виробництві геопросторових даних і топографічних планів;

автоматизованій ідентифікації будівель за просторовими властивостями при інтегруванні наборів геопросторових даних з різних джерел;

оцінюванні матеріальних втрат внаслідок стихійних лих та воєнних дій, за рахунок обчислення об'ємів зруйнованих чи подкоджених будинків, кварталів.

Таблиця 1.2 Сфери застосування морфометричних характеристик

Сфера застосування	Параметри морфометричних характеристик									
	Ширина	Довжина	Висота	Об'єм	Компактність	Орієнтація	Площа стін	Поверховість	Відстань до найближчих будівель	Кількість будівель у кварталі
Територіальне планування	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Міська зелена енергетика	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Містобудівний кадастр			+		+			+	+	+
Моніторинг міської забудови	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Системи класифікації даних ДЗЗ	+	+				+			+	+
Автоматизована ідентифікація будівель за просторовими властивостями	+	+	+		+				+	+
Оцінювання матеріальних втрат внаслідок стихійних лих та воєнних дій	+	+	+	+	+		+	+		
Планування заходів енергозбереження будівель	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Різноманітні сфери застосування морфометричних характеристик забудови свідчать про важливість використання таких базових показників, як ширина, довжина, висота будівлі, об'єм, площа стін, поверховість, орієнтація задля знаходження більш комплексних параметрів, на основі яких проводять аналізи для планування міських територій, аналізу наборів геопросторових даних та забезпечення тепло-, енергоефективності будівель.

Urban Morphometrics (UMM) — це метод аналізу міської морфології, спрямований на виділення внутрішніх просторових моделей, які виразно характеризують міські структури в числовому вигляді. Метод спеціально розроблений, щоб об'єднати багатство опису з надвеликим охопленням для генерації систематичної ієрархічної таксономії міської форми. Це досягається за допомогою передових методів обробки геоданих у поєднанні з аналітичною архітектурою, яка спеціально розроблена для масштабованості.[12]

Текстурні ж характеристики спрямовані на визначення особливостей просторового розташування морфологічно значущих одиниць матеріальної структури міста. Специфіка їх розташування виражається зображенням морфологічної структури міста в межах певного ієрархічного рівня і вказує на спосіб та характер наповненості. На рівнях від найменшого до найбільшого морфологічні одиниці відповідають значенню текселів. Іншим є дослідження формальних ознак матеріальної структури міста на мікрорівні, де тексел не відповідає значенню морфологічної одиниці і виражається забудовою та простором довкола неї. Зазначений підхід є компромісним, оскільки відповідає, доповнює та уточнює уже наявні дослідження про особливості формування міського середовища через специфіку щільності забудови на певній території та не суперечить концепції про громадський простір міста.

Запропонована система класифікації ґрунтується на гіпотезі, що носієм морфологічного змісту у містобудування є матеріальна структура міста. Її фізична форма та морфологічна структура відбиває найбільш загальні оціночні та кількісні характеристики як морфологічні ознаки, які виокремлено у дванадцять груп. За їх допомогою розв'язане завдання, пов'язане із виокремленням морфологічних типів матеріальної структури міста та їх характеристикою.

У найзагальнішому вигляді результатом з'ясування типів матеріальної структури міста за певними морфологічними ознаками згідно [10] є:

- обґрунтування способів логічного розділення об'єктивно цілісного матеріального вираження міста на складові елементи;
- пояснення допустимих меж подільності матеріальної структури міста в межах морфологічного контексту;
- з'ясування значення складових матеріальної структури міста та їх ролі щодо цілого;
- визначення властивостей, що в абстрактній площині виражають формальну значимість фізичної форми та морфологічної структури міста щодо інших значень;

виявлення низки формальних ознак, що виражають подібність або відмінність порівнюваних речей;

опис таких ознак та встановлення закономірностей їх поширення.[10]

1.3 Огляд публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови та постановка задачі дослідження

Моделювання морфометричних характеристик у області міської забудови можна класифікувати за такими напрямками:

визначення морфометричних характеристик у сферах систематизації ГІС-аналізу, містобудівного кадастру, отримання даних ДЗЗ;

визначення морфометричних характеристик на основі 3Д моделей будівель;

застосування морфометричних характеристик для формування глобальних баз геопросторових даних морфометричних характеристик забудованої території;

застосування морфометричних характеристик для планування енергозбереження та формування екологічного середовища.

Незважаючи на те, що дослідники в цій галузі традиційно орієнтуються на якісні підходи та «низькотехнологічні» методи, останнім часом дослідники в цій галузі виявляють зростаючий інтерес до кількісних підходів, заснованих на використанні ГІС та пов'язаних інструментів та інтеграції цифрових картографічних продуктів.

Огляд найбільш часто використовуваних інструментів для аналізу міських форм. Реалізація морфометричного застосування здійснюється переважно в ArcGIS, QGIS, PostgreSQL, на мовах програмування таких як Python, C++.

Спочатку, нагадуючи попередні посилання, більшість доступних інструментів – це плагіни, пов'язані з програмними пакетами, такими як *ArcMap* або *QGIS*. Крім того, міська морфологія орієнтована на три основні просторові елементи — ділянки, будівлі та вулиці (та їх сукупності) — і їхнє просторове

формування. Доступ до цих даних використовується недостатньо через те, що більшість поточних інструментів зазвичай зосереджені лише на аналізі вуличних мереж. Причиною цього дисбалансу є доступність даних та інструментів у той час, коли вони були спочатку передані між альтернативними дисциплінами та застосовані в міській морфології.

Математична основа для більшості аналізів вуличних мереж ґрунтується на теорії графів і фізиці складних мереж, з методами, застосованими до соціальних і біологічних мереж задовго до того, як вони вперше були застосовані до вуличних формувань. Крім того, просторові мережі, такі як електромережі, залізниці, річки, а також вулиці, були одними з перших типів даних, доступних у середовищі ГІС. Навіть сьогодні дані вуличної мережі залишаються найпоширенішими та найпоширенішими. Наприклад, платформа для картографування натовпу OpenStreetMap (OSM) повідомляє про повноту мережі на 83% у всьому світі, тоді як дані про площу будівлі в межах однієї платформи дуже суперечливі, з точки зору покриття, точності та роздільної здатності.

Проекти громадського житла розроблялися в багатьох місцях по всьому світу, головним чином після Другої світової війни (Другої світової війни), і визначалися як масове виробництво житла. Велика нестача багатоквартирних будинків для біженців зумовила необхідність сприяння розвитку масової забудови. Багато з цих будівель були сплановані та побудовані на основі архітектурного стилю модерну та теорії Ле-Корбюзьє.

Проекти громадського житла в основному розроблялися з соціальних міркувань і геометрично характеризувались чіткою, організованою, послідовною та впорядкованою розробкою (Голан, 1998) [18]. Наразі багато з цих житлових будинків старі (50–70 років) і не відповідають чинним будівельним стандартам і вимогам, таким як невеликі розміри квартир, будівельні матеріали, інфраструктурні системи, стандарти зеленого будівництва, вимоги до сейсмостійкості тощо; таким чином, вони не забезпечують високої якості життя для своїх мешканців (Carmon, 1998) [19]. Через обсяг проектів державного житла та їх поширення в багатьох містах Європи, США та Азії (та в Ізраїлі) ці будівлі

після Другої світової війни зараз мають великий потенціал для процесів міського оновлення в багатьох містах.

Фізичне оновлення міст є одним із головних двигунів регенерації міста. Розуміння потенціалу оновлення існуючих місць може підвищити успіх регенерації на регіональному, міському чи районному рівнях. Стратегії оновлення міст у багатьох країнах здебільшого пов'язані з покращенням будівель, знесенням старих будівель і реконструкцією нових натомість, заповненням забудови в межах існуючих міських територій, збільшенням споживання культури, інтеграцією нових спільнот у зруйновані райони. тощо. Проте існує брак знань щодо обмежень, потенціалу, масштабів і розташування будівель, які потребують оновлення в масштабі міста (Scanlon et al., 2015)[20]. У цій ситуації місцевим або центральним органам влади дуже важко приймати рішення щодо масового житлового фонду, потенціалу оновлення міст і стратегій оновлення. Підхід до оновлення вільного ринку передбачає конкретні міркування щодо доходів від окремих проектів і індивідуальної реконструкції будівель, але залучення державного сектору до проектів оновлення міст також може сприяти збиранню землі та аналізу беззбитковості (Morano and Tajani, 2017)[21].

Для розвитку міського оновлення у великих масштабах бажано зосередитися на широких будівельних комплексах на великих міських ділянках. Такі широкі комплекси міської забудови відбувалися в основному в громадських житлових комплексах, розроблених у 1950-х і 1970-х роках. Більшість громадських будівель, які є наступними на черзі міського оновлення, були побудовані у великих масштабах відносно близько до міської інфраструктури; однак є труднощі з визначенням місця розташування цих громадських будівель і великих міських об'єктів. Тому існує потреба в новому підході та цілеспрямованих зусиллях щодо підходу до оновлення міст, який би враховував місце та міську тканину.

Зараз урбаністи ідентифікують кожен будівлю громадського житла після Другої світової війни окремо; їм не вистачає методів та інструментів для

ідентифікації складових ділянок громадських житлових будинків, головним чином з міркувань реконструкції міст. Ідентифікація комплексних ділянок для майбутньої міської реконструкції становить новинку цієї статті. Таким чином, результат аналізу, який визначив об'єкти громадського житлового комплексу, не є тривіальним для планувальників і осіб, які приймають рішення. Перспектива оновлених місць, а не окремих будівель, також може допомогти у визначенні пріоритету процесів оновлення відповідно до відповідних параметрів, таких як потенціал оновлення та вплив цих процесів на фізичну та соціальну якість міста.

Наразі існує кілька стратегій фізичної реконструкції міст і житлових приміщень, які застосовуються в усьому світі. У Нідерландах стратегія полягає у знесенні недорогого житла та будівництві дорогого якісного житла, що змушує нинішніх мешканців переселятися з околиць. У Німеччині реконструкція міст має на меті запобігти процесу джентрифікації через модель державного втручання та через розвиток доступного житла під наглядом, головним чином на забудованих територіях. Австрія прийняла підхід «м'якого оновлення міст», який включає міждисциплінарні зусилля з інтеграції економічних, соціальних, культурних, естетичних та екологічних потреб для розвитку зон змішаного використання з доступним житлом, головним чином шляхом реконструкції та покращення існуючої міської структури (Huber, 2011) [22].

У США більша частина реконструкції міст здійснюється приватним сектором. Основна ініціатива США спрямована на знищення великомасштабних проектів державного житла та перетворення їх на проекти меншого масштабу зі змішаним рівнем доходів (Goetz, 2010) [23]. В Англії реалізується нова політика New-Deal Communities для реконструкції та покращення існуючих громадських місць. У Гонконзі державне житло розвивалося протягом шести десятиліть із проблемами, пов'язаними з доступністю землі, високою щільністю та ефективними житловими рішеннями, які масштабувалися для масового виробництва з високою продуктивністю. Поточні проблеми державного житла в Сінгапурі пов'язані з модернізацією існуючих будівель, щоб вони відповідали

вищим стандартам нових державних житлових масивів. Поточна регенерація житла в Ізраїлі складається з трьох основних стратегій:

знесення та будівництво з одночасним збільшенням прав на забудову;

конденсація та будівництво, спрямоване на підвищення ефективності використання землі шляхом додавання до будинків «кімнатних квартир»;

розроблений генеральний план №. 38 для зміцнення будівель від землетрусів шляхом ущільнення та додавання двох-трьох поверхів до існуючих будівель або шляхом знесення та будівництва нових будівель із збільшеними правами на будівництво.

Для того, щоб розвивати масове оновлення міст у широких комплексах, міським районам необхідно мати недорогу інфраструктуру. Як було виявлено (Sleifer і Golani, 1973)[24], більшість проектів громадського житла було побудовано у складних структурах, що складаються з ряду будівель і розташовані та організовані за типовим міським плануванням з унікальними характеристиками, поблизу недорогої інфраструктури, включаючи наступне:

щільність — відносно 34 житлових одиниці на акр;

орієнтація будівлі в межах відкритих громадських просторів, включаючи відкриті простори, або громадських будівель, таких як школи чи спортивні центри;

формувальний дизайн — у багатьох будинках житлові блоки не з'єднані один з одним уздовж усього сполучного з'єднання стіни, а між блоками є відступ, щоб розділити фасади на напівчастини, щоб забезпечити додаткову вентиляцію всередині житлових одиниць;

повторювана структура—з повторюваним ритмом;

однорідність міської структури;

відстань між будівлями — між будівлями дотримується однакова відстань для всіх будівельних комплексів;

доріжки — головна пішохідна центральна доріжка перетинає мікрорайон;

доступ до дороги — доріжки часто ведуть до входів у будівлі, зберігаючи доступну відстань близько 150 метрів;

транспорт — периферійне транспортне кільце перешкоджає проходженню транспорту в околиці, щоб зберегти якість міського середовища;

паркомісця — стандарт паркування 1:1 (одне авто на одну квартиру).

У статті Ідана Пората та Даліта Шах-Пінслі було здійснено обстеження вибірки масової житлової забудови після Другої світової війни. Метою обстеження було виявлення стандартних будівельних типів і будівельних моделей тієї епохи. Зразок був повним зразком креслень і відповідної літератури, написаної домінуючими архітекторами, які діяли в цей період: у статті Хашимшоні та ін. (1972) [25]— де було визначено приклади 33 типологій мікрорайонів і 25 типологій громадського житл, де було визначено 32 приклади типологій державного житла.

Ця частина також підтверджує широкомасштабну здійсненність роботи та підтверджує переваги підходу до бази даних, оскільки згенерований набір даних має безпрецедентний розмір, охоплює багато міських районів у світі, які добре нанесені на карту в OSM і містять мільярди записів. У той же час база даних зберігає простоту та ефективність, а також забезпечує легкість вилучення даних. Крім того, незважаючи на те, що ми зосереджуємося на OSM, розроблена архітектура програмного забезпечення є універсальною, а підхід не залежить від наборів даних, оскільки для отримання показників можна використовувати різні та численні набори даних, що дозволяє налаштовувати та відповідати потребам. Цей набір даних є відкритими даними за ліберальною ліцензією, щоб кожен міг використовувати його без обмежень. Цей набір даних є найповнішим у цій галузі, що разом із встановленою методологією він сприятиме розвитку цієї галузі різними способами.

При цьому Мартін Флейшман, Алессандра Фелічотті, Вільям Керр стверджують, що хоча пул передових обчислювальних методів для геопросторового аналізу швидко розширюється, поточна пропозиція інструментів, орієнтованих на аналіз міської форми, досить обмежена за обсягом і непослідовна за репрезентативністю.

Ця ситуація є особливо актуальною для урбаністичної морфології, галузі дослідження, що поширюється від географії до архітектури, зосереджуючись на аналізі міської форми та процесів її формування та трансформації. На відміну від інших напрямів дослідження міського простору, міська морфологія займається низкою проміжних просторових масштабів — районів, кварталів, вулиць, площ, ділянок і будівель — і її вивчення має на меті «виявлення повторюваних моделей у структурі, формуванні та трансформації антропогенного середовища, щоб допомогти зрозуміти, як елементи працюють разом тощо, для задоволення людських потреб і адаптації людської культури». У цьому сенсі міська морфологія не тільки внесла свій внесок у концептуалізацію просторової структури міст як складної адаптивної системи та розробила вузькоспеціалізовані методи вивчення її організаційної структури, але й забезпечила значне розуміння тих проміжних просторових масштабів, що представляють центральний інтерес для міських дизайнерів, надаючи цінну доказову базу для сучасної теорії та практики міського дизайну.

1.4 Структура, завдання та обмеження проекту

Структура роботи (рис. 1.6.) відповідає послідовності етапів її виконання, та включає такі три основні етапи:

визначення основних формулювань та сфер використання морфометричних характеристик міської забудови;

розроблення структурно-функціональної моделі ГІС МФХ, а також концептуальної моделі БГД ГІС МФХ та каталогу класів об'єктів БГД ГІС МФХ;

результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови.

Розділ 1	1.1	Основні визначення та сфери використання морфометричних характеристик міської забудови	Формулювання визначення та сфери використання ГІСМФХ
	1.2	Обґрунтування системи морфометричних характеристик міської забудови	Формулювання задач з розроблення ГІС СЗЗ
	1.3	Огляд публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови та постановка задачі дослідження	Постановка задачі ГІС МФХ та огляд публікацій
	1.4	Структура, завдання та обмеження проекту	Структурна робота
Розділ 2	2.1	Структурно-функціональна модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови	Структурно-функціональна модель ГІС МФХ
	2.2	Концептуальна модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних ГІС МФХ	Концептуальна модель ГІС МФХ
	2.3	Розроблення алгоритму моделювання морфометричних характеристик будинків	Алгоритм морфометричних характеристик будинків
	2.4	Розроблення алгоритмів моделювання морфометричних характеристик забудови структурно-планувальних об'єктів території міста	Алгоритм морфометричних характеристик забудови структурно-планувальних об'єктів території міста
	2.5	Розроблення функцій стандартної статистики індикаторів будівель в межах структурно-планувальних об'єктів території міста	Алгоритм морфометричних характеристик стандартної статистики індикаторів будівель в межах структурно-планувальних об'єктів території міста
Розділ 3	3.1	Технологічна схема реалізації ГІС МФХ	Технологічна схема
	3.2	Логічна модель БГД ГІС МФХ в середовищі PostgreSQL/PostGIS	Логічна модель
	3.3	Реалізація прикладної SQL-функції моделювання морфометричних характеристик будинків.	Текст SQL-функції морфометричних характеристик будинків
	3.4	Реалізація прикладної SQL-функції геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території	Текст SQL-функції геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території
	3.5	Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій	Тематичні карти аналізу морфометричних характеристик міської забудови для
Висновки	В	Аналіз результатів	Загальні висновки АРМ

Рис. 1.6. Структура роботи з основними результатами її окремих етапів

Завдання проекту полягає у моделюванні геоінформаційних засобів БД ГІС морфометричних характеристик міської забудови з урахуванням вимог їх багатоцільового використання.

На основі першого розділу, який включає в себе основні визначення та сфери застосування, а також огляд публікацій з геоінформаційного моделювання

морфометричних характеристик міської забудови, створено структурно-функціональну, концептуальну моделі ГІС МФХ, а також каталог класів об'єктів. Розроблено алгоритми моделювання морфометричних характеристик будинків, територіальних одиниць, буферних зон та геостатистичного аналізу МФХ міської забудови.

Розроблено технологічну схему та логічну модель, на основі яких реалізовано прикладні SQL-функції. Сформовано тематичні карти для дослідних територій кварталу, району та міста вцілому, а також проведено аналіз геоінформаційного моделювання.

Обмеженнями проекту є:

дослідна територія, що має чіткі межі міста, тим самим виключаючи аналіз передмістя;

вибірка основних показників геоінформаційного моделювання;

тривалі часові затрати на виконання функцій через обробку величезних масивів даних, а також недостатня потужність технічного забезпечення.

Висновки до розділу 1

Міська морфометрика є невід'ємною частиною сучасного міста адже відіграє ключову роль при створенні таких структур як містобудівний кадастр, територіальне планування, моніторинг міської забудови, автоматизована ідентифікація будівель за просторовими властивостями, системи класифікації даних ДЗЗ, оцінювання матеріальних втрат внаслідок стихійних лих чи воєнних дій, плануванні заходів енергозбереження будівель та загалом модернізації методів реалізації міських форм для їх ефективного використання.

У розділі було сформульовано основні визначення проекту та досліджено сфери застосування морфометричних характеристик міської забудови. Також обґрунтовано системи морфометричних характеристик, які включають набір індикаторів для аналізу міських структур різних рівнів. Розглянуто публікації та статті світових та вітчизняних авторів, які пропонують різні підходи до

визначення основних показників морфометрії урбанізованого простору. Визначено структуру та завдання проекту та сформульовано обмеження.

Морфометричні характеристики як складова містобудівної діяльності потребує набуття загальних рис цілісності для формування більш широкого складеного уніфікованого виду. Для досягнення мети необхідно дотримуватися методів структурованості, модульності, формалізації для обчислення, керування та розповсюдження міських показників у великому масштабі та з високою роздільною здатністю.

2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОМПАКТНОСТІ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

2.1 Структурно-функціональна модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови

Прикладна ГІС створення сучасних геоінформаційних систем є складною задачею, вирішення якої потребує використання спеціальних інструментальних засобів моделювання, аналізу та проектування систем. Реалізацію проектів по створенню геоінформаційних систем прийнято розподіляти на стадії аналізу, проектування, програмного кодування, тестування та супроводження. Вартість виправлення помилок, виявлених на стадії тестування, у декілька разів перевищує вартість їх виправлення на попередніх стадіях. Щоб знизити рівень помилок при проектуванні, велика увага приділяється попередньому структурному моделюванню системи та детальному функціональному аналізу моделі.

У структурному аналізі використовуються в основному дві групи засобів, що ілюструють функції, виконувані системою і відносини між даними. Кожній групі засобів відповідають певні види моделей (діаграм), найбільш поширена серед яких є SADT (Structured Analysis and Design Technique) моделі і відповідні функціональні діаграми.

У структурно-функціональній моделі ГІС морфометричних характеристик міської забудови (рис. 2.1.) продемонстровано склад та зміст систем, що допомагають поступово переходити з початкового етапу планування – вихідних інформаційних ресурсів до кінцевого – результатів моделювання. Також блоками показано наповнення бази даних ГІС МФХ та функції інструментальної ГІС, що використовуються для введення, редагування, опрацювання, аналізу та візуалізації геопросторових даних.

Для імпорту експорту для взяти вихідні дані отримати карти які тематичні карти утворюються і для аналізу

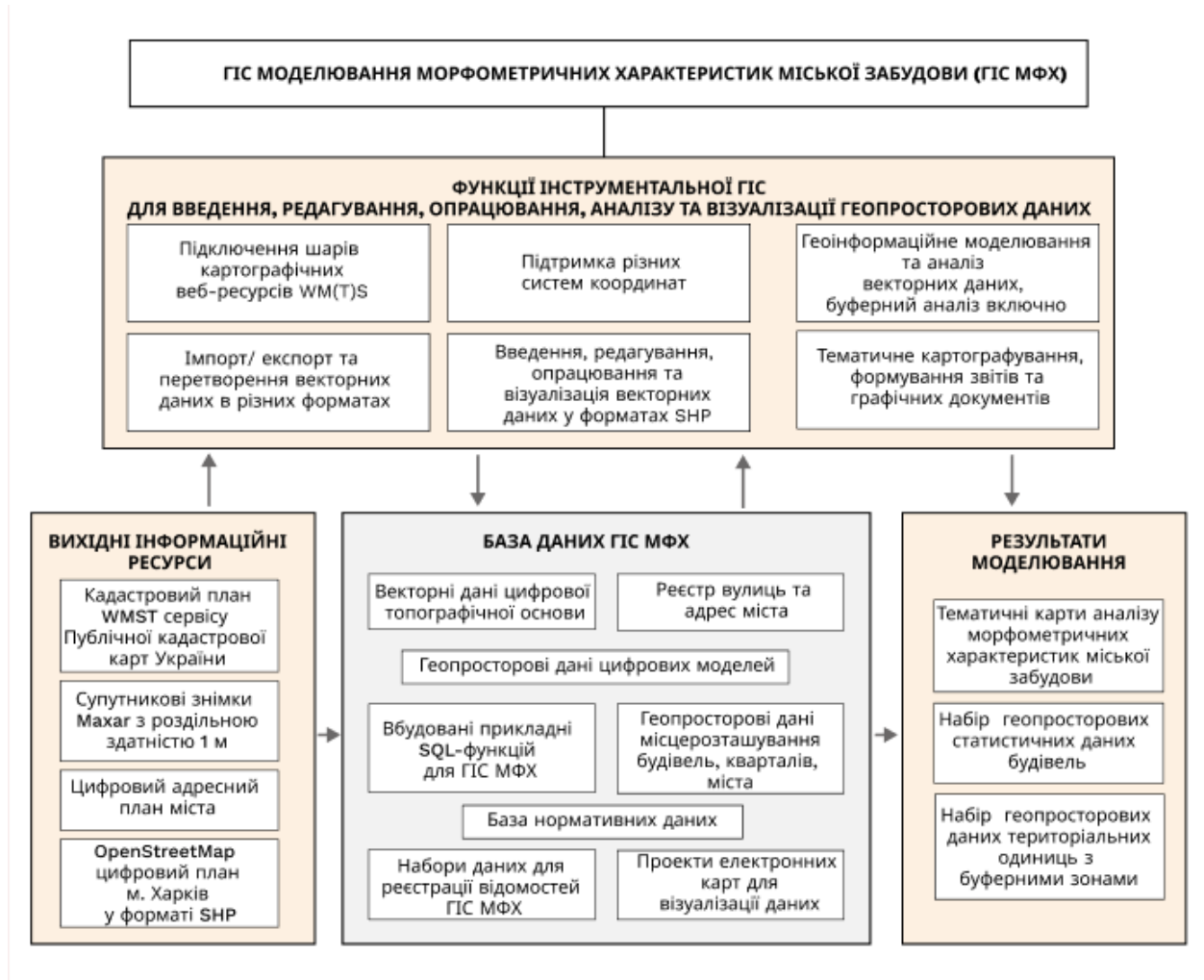


Рис.2.1. Структурно-функціональна модель ГІС МФХ

Вихідними даними моделі є набори геопросторових даних, що є початковим показниками аналізу морфометричних характеристик. Результатом моделювання стає набір статистичних даних будівель, тематичні карти аналізу морфометричних характеристик міської забудови різного цільового призначення, а також набір морфометричних характеристик територіальних одиниць різного рівня, які включають буферний аналіз.

2.2 Концептуальної модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних ГІС МФХ

З концептуального проектування починається створення концептуальної схеми БД, в основі якої лежить побудова моделі даних. Концептуальна модель

представляє загальний погляд на дані. Розрізняють два головних підходи до моделювання даних при концептуальному проектуванні:

- семантичні моделі;
- об'єктні моделі.

В семантичних моделях головну увагу приділяють структурі даних. Найбільш поширеною семантичною моделлю є модель "сутність – зв'язок" (Entity Relationship model, ER-модель). ER-модель складається із сутностей, зв'язків, атрибутів, доменів атрибутів, ключів. Моделювання даних відображає логічну структуру даних, так само, як блок-схеми алгоритмів відображають логічну структуру програми.

В об'єктних моделях головну увагу приділяють поведінці даних і засобам управління даними. Головне поняття таких моделей – об'єкт, тобто сутність, яка має стан і поведінку. Стан об'єкта визначається сукупністю його атрибутів, а поведінка об'єкта визначається сукупністю операцій специфікованих для нього.

Зближення цих моделей реалізується в розширеному ER-моделюванні (Extended Entity Relationship model, EER-модель).

Створення концептуальної моделі (рис.2.2.) бази даних морфометричних характеристик міської забудови є важливою та не від'ємною частиною загального проектування адже саме на даному етапі прописуються не тільки блоки бази даних, але і їх атрибутивне наповнення, а також з'являється подання зв'язків між блоками та загальна взаємозалежність.

Основні елементи бази ГІС морфометричних індикаторів міської забудови:

- реєстр вулиць та реєстр адрес;
- блок складових будівель;
- морфометрія земельних ділянок;
- морфометрія зони сусідства;
- морфометрія кварталів;
- морфометрія міста;
- морфометрія функціональних зон;
- морфометрія адміністративних районів.

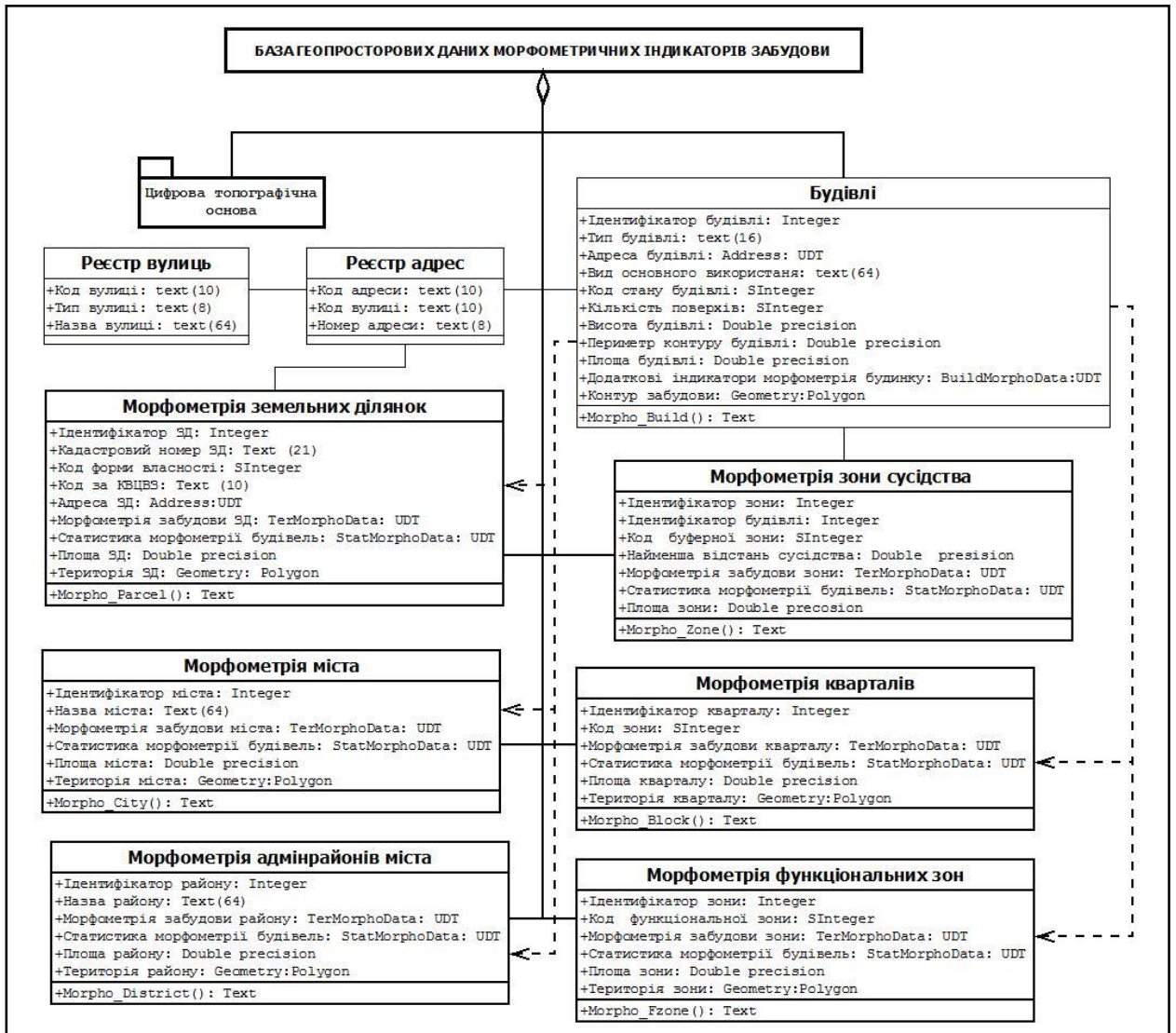


Рис. 2.2. UML-діаграма концептуальної моделі геопросторових даних ГІС морфометричних характеристик міської забудови

У концептуальній моделі показано такі зв'язки як:

Асоціація – для визначення відношення між класами морфометрії територіальних одиниць різних рівнів, а також будівель, реєстру вулиць та адрес;

Залежність – для визначення відношення залежності класів морфометрії територіальних одиниць різних рівнів від блоку будівель;

Агрегування – для визначення підпорядкування та приналежності усіх класів до бази даних ГІС морфометричних індикаторів забудови.

Фактично після створення концептуальної бази даних ГІС МФХ розроблюється каталогів класів об'єктів. Під каталогом класів об'єктів

розуміють каталог, що містить визначення і описання класів, атрибутів та асоціацій об'єктів місцевості, що містяться в базі геопросторових даних, одному або декількох наборах геопросторових даних, разом з певними операціями об'єктів місцевості, що можуть бути застосовані.

Кожен тип об'єкта в Каталогі ідентифіковано назвою та описом на природній мові, а також буквено-цифровим кодом, який є унікальним в межах каталогу.

Атрибути об'єктів ідентифіковано і визначено для кожного типу об'єкта міського середовища. Код значення атрибута є унікальним в межах опису атрибута об'єкта місцевості, в якого є список можливих значень.

Асоціації об'єктів місцевості в Каталогі названо та визначено. Кожна асоціація об'єкта ідентифікована буквено-цифровим кодом, який є унікальним в межах каталогу. Визначено назви та ролі типів об'єктів місцевості, які беруть участь в асоціації. [2]

Каталог об'єктів створюється задля подання усього переліку об'єктів за певною структурою класифікації та кодування, тобто у формалізованому вигляді, достатньому для перетворення даних у форму, придатну для використання в БД МФХ та ГІС, при цьому забезпечуючи реалізацію механізму багатoversійності подання об'єктів в їх життєвому циклі.

Задля спрощення переліку необхідних даних було розроблено таблиці структур складеного типу даних для морфометричних індикаторів будівель та територіальних одиниць складено типу *BuildMorphoData* (Табл.2.1.), *StatMorphoData* (Табл.2.2.), *TerMorphoData* (Табл.2.3.).

Для кожного складеного атрибута оголошується:

назва морфологічної характеристики;

тип даних;

одиниці виміру;

визначення.

Дані таблиці містять інформацію про складені атрибути за направленістю базові атрибути будівлі, стандартні статистичні індикатори будівлі, вибрані атрибути для територіальних одиниць з використанням буферних зон.

Таблиця 2.1 Структура складеного типу даних BuildMorphoData для морфометричних індикаторів будівель

Назва морфологічної характеристики	Тип даних	Одиниці виміру	Визначення
gid	serial		системний ідентифікатор будівлі
type_code	integer		Код будівлі
f_use_code	integer		Код функціонального використання
floor_num	integer		Кількість поверхів
hg	double precision	м	Висота будівлі
perim	double precision	м	Периметр
area	double precision	м ²	Площа
volume	double precision	м ³	Об'єм
floor_area	double precision	м ²	Загальна площа поверхів
wall_area	double precision	м ²	Площа стін
compactness	double precision		Компактність форми будівлі
mbr_area	double precision	м ²	Площа охоплюючого прямокутника
bbox_nes	double precision		Індикатор прямокутності форми area/mbr_area

Таблиця 2.2. Структура складеного типу даних StatMorphoData для індикаторів стандартної статистики будівель на морфометричних характеристиках

Назва морфологічної характеристики	Тип даних	Одиниці виміру	Визначення
mr_cod	Десятковий	м	Код морфометричного індикатора будівлі
mr_min	Десятковий	м	Мінімальне значення індикатора
mr_max	Десятковий	м	Максимальне значення індикатора
mr_mean	Десятковий	м	Середнє значення індикатора
mr_stdev	Десятковий	м	Стандартне квадратичне відхилення
mr_var_k	Десятковий	м	Коефіцієнт варіації
mr_dsp_i	Десятковий	-	Індекс дисперсії

Таблиця 2.3. Структура складеного типу даних TerMorphoData для індикаторів морфометричних характеристик територіальних одиниць

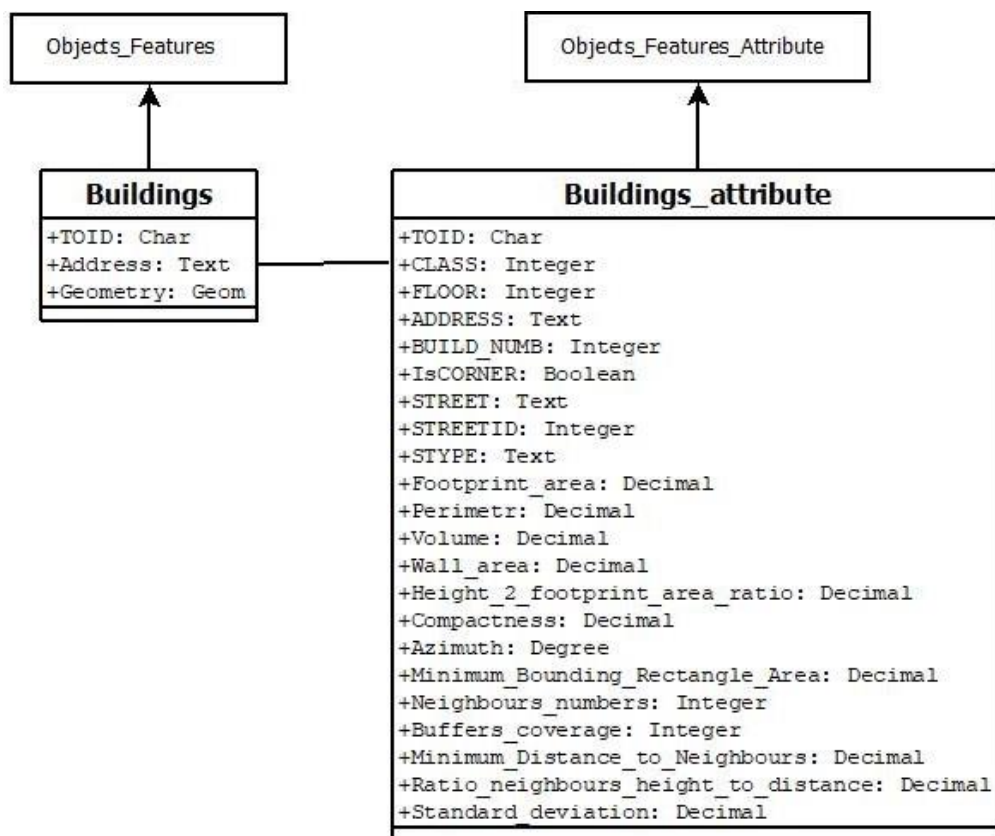
Назва морфологічної характеристики	Тип даних	Одиниці виміру	Визначення
b_number integer	integer		Загальна кількість будинків в межах ТО
pt_area	double precision	м ²	Площа кварталу
ptg_area	double precision	м ²	Площа кварталу в гв
t_area	double precision	м ²	Площа ТО
tb_area	double precision	м ²	Сумарна площа будинків
kbt	double precision	м ²	Кількість будинків на 1 га ТО
sbt	double precision	м ²	Щільність забудови tb_area/t_area
fbt	double precision	м ²	Коефіцієнт забудови сум. Площі поверхів/площу то
t_volume	double precision	м ³	Сумарний об'єм будівель м. Куб
kt_volume	double precision	м ³	Сум. Будівель об'єм на 1 га території

Каталог структур складених типів даних об'єктів БГД ГІС морфометричних характеристик міської забудови (табл. 2.1.-2.3.) з урахуванням вимог їх багатоцільового використання містить описову інформацію про склад класів цільових об'єктів, їх атрибути та визначення.

Каталог класів об'єктів складено відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 19110:2017 Geographic information – Methodology for feature cataloguing[39] (ISO 19110:2017 Географічна інформація – методологія для каталогізації об'єктів)[40]

Згідно ДСТУ 19110 Специфікація геопросторових даних повинна містити повний опис кожного типу об'єкта, що включається в набір геопросторових даних, та посилання на/або опис каталогу об'єктів і атрибутів як описано в національному стандарті ДСТУ ISO 19110:2017. "Розроблення каталогу об'єктів" та відповідати національному стандарту ДСТУ 8774:2018 "Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних".

Назва групи	Група об'єктів міської території
Назва класу	Будівлі
Ідентифікатор класу	Building
Код класу	11 11 00
Визначення	наземний об'єм, внутрішній простір якого використовується для різних видів людської діяльності
Назва класу	Квартали
Ідентифікатор класу	Blocks
Код класу	11 11 00
Визначення	це природно-антропогенна система, створена для життєдіяльності людей
Назва класу	Адміністративний район міста
Ідентифікатор класу	Districts
Код класу	01 01 01
Визначення	це компактна частина єдиної території України, що є просторовою основою для організації і діяльності органів державної влади та органів місцевого самоврядування



Каталог атрибутів

TOID	Ідентифікатор топографічного об'єкта				
Визначення	Унікальний 16-ти символний ідентифікатор топографічного об'єкта, що задається усім альтернативним просторовим моделям ТО				
Тип даних	Char(16)	Статус	Основний	Код	11 11 00 01
Домен	16-ти символний системний ідентифікатор			Одиниця виміру	—

Class	Код класу об'єкта за Каталогом МБК				
Визначення	Код класу об'єктів				
Тип даних	Integer(16)	Статус	Основний	Код	11 11 00 02
Домен	Значення коду класу "Території та квартали житлової забудови" в каталозі містобудівного кадастру			Одиниця виміру	–
FLOOR	Поверховість				
Визначення	Кількість поверхів у будинку				
Тип даних	Integer(16)	Статус	Основний	Код	11 11 00 03
Домен	Кількість поверхів у будинку			Одиниця виміру	–
Address	Адреса будинку				
Визначення	Повна адреса будинку, яка включає назву вулиці та номер будинку				
Тип даних	Text(64)	Статус	Основний	Код	11 11 00 04
Домен	Повна адреса			Одиниця виміру	–
Build_numb	Номер будинку				
Визначення	Номер будинку				
Тип даних	Integer(16)	Статус	Основний	Код	11 11 00 05
Домен	Числовий номер будинку			Одиниця виміру	–
IsCorner					
Визначення	Встановлена відповідність чи є будинок кутовим на вулиці				
Тип даних	Boolean	Статус	Основний	Код	11 11 00 06
Домен				Одиниця виміру	–
Street	Назва вулиці				
Визначення	Повна назва вулиці				
Тип даних	Real	Статус	Основний	Код	11 11 00 07
Домен				Одиниця виміру	–
StreetID	Ідентифікатор вулиці				
Визначення	Унікальний символічний ідентифікатор вулиці				
Тип даних	Integer(16)	Статус	Основний	Код	11 11 00 08
Домен				Одиниця виміру	–
SType	Тип вулиці				
Визначення	Іменована назва типу вулиці				
Тип даних	Text	Статус	Основний	Код	11 11 00 08
Домен				Одиниця виміру	–
Footprint_area	Площа сліду				
Визначення	Площа основи будівлі				
Тип даних	Decimal	Статус	Основний	Код	11 11 00 08
Домен				Одиниця виміру	м ²
Perimetr	Периметр				
Визначення	Периметр				
Тип даних	Decimal	Статус	Основний	Код	11 11 00 08

Домен		Одиниця виміру	м
Volume	Об'єм		
Визначення	Об'єм будівлі		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	м ³
Wall_area	Площа стін		
Визначення	Площа стін		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	м ²
Height_2_footprint_area_ratio	Відношення висоти до площі сліду		
Визначення	Відношення висоти будівлі до площі її сліду		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	м ⁻¹
Compactness	Компактність		
Визначення	Щільність розміщення будівель на певній території		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	–
Azimyth	Орієнтація		
Визначення	Орієнтація будівлі відносно (сонця, півночі)		
Тип даних	Degree	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	Градуси
Minimum_bounding_rectangle_area	Мінімальна зона обмеження		
Визначення	Прямокутна зона обмеження		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	М ²
Neighbours_numbers	Кількість сусідніх будинків		
Визначення	Кількість будинків, що знаходяться по сусідству		
Тип даних	Integral	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	–
Buffers_coverage	Буферне охоплення		
Визначення	Територія та об'єкти, що потрапляють у буферну зону		
Тип даних	Integral	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	–
Minimum_Distance_2_Neighbours	Мінімальна відстань до сусідніх будинків		
Визначення	Мінімальна відстань між будинком та сусіднім об'єктом		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	м
Ratio_neighbours_height_to_distance			
Визначення	Відношення висотності сусідніх будинків до відстані до них		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний
		Код	11 11 00 08

Домен		Одиниця виміру	–
Standart_deviation	Стандартне відхилення		
Визначення	Середнє відхилення висоти від дослідного об'єкту		
Тип даних	Decimal	Статус	Основний Код 11 11 00 08
Домен		Одиниця виміру	–

Створена концептуальна модель є основою для перенесення проектної БД у ПЗ СКБД PostgreSQL для перетворення її в функціональну БД. Концептуальна модель включає запроектовані таблиці з атрибутивним наповненням, а також функції за рахунок яких проводиться обчислення. У таблицях структури складених типів даних для індикаторів морфометричних характеристик територіальних одиниць та будівель, а також каталозі атрибутів, який був складений за стандартами ДСТУ ISO 19110:2017. "Розроблення каталогу об'єктів" та національному стандарту ДСТУ 8774:2018 "Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних" змодельовано усі об'єкти необхідні для проведення аналізу морфометричних характеристик будівлі та територіальної одиниці в межах буферних зон. Наведені проектні атрибути також є прикладом стандартного набору даних БД ГІС МФХ.

2.3 Розроблення алгоритмів геоінформаційного моделювання морфометричних міської забудови

2.3.1 Алгоритм моделювання морфометричних індикаторів будівель

В алгоритмі обчислення морфометричних характеристик будівель (рис. 2.3.) визначено послідовність етапів обчислення набору індикаторів за структурою складеного атрибуту BuildMorphoData, зокрема таких як: периметр, площа, об'єм будівлі, площа поверху, стін, компактність, площа мінімального охоплюючого прямокутника, визначення коефіцієнта прямокутності будівлі.

В алгоритмі передбачено один цикл, на кожному кроці якого обчислюються та записуються в базу даних морфометричні характеристики і-того будинку, а саме: *perim* – периметр будівлі;

area – площа будівлі;

volume - об'єм будівлі;

floor_area - загальна площа поверхів;

wall_area – загальна площа стін;

compactnes - компактність форми будівлі;

mbr_area - площа охоплюючого прямокутника;

bbox_nes - індикатор прямокутності форми $area/mbr_area$.

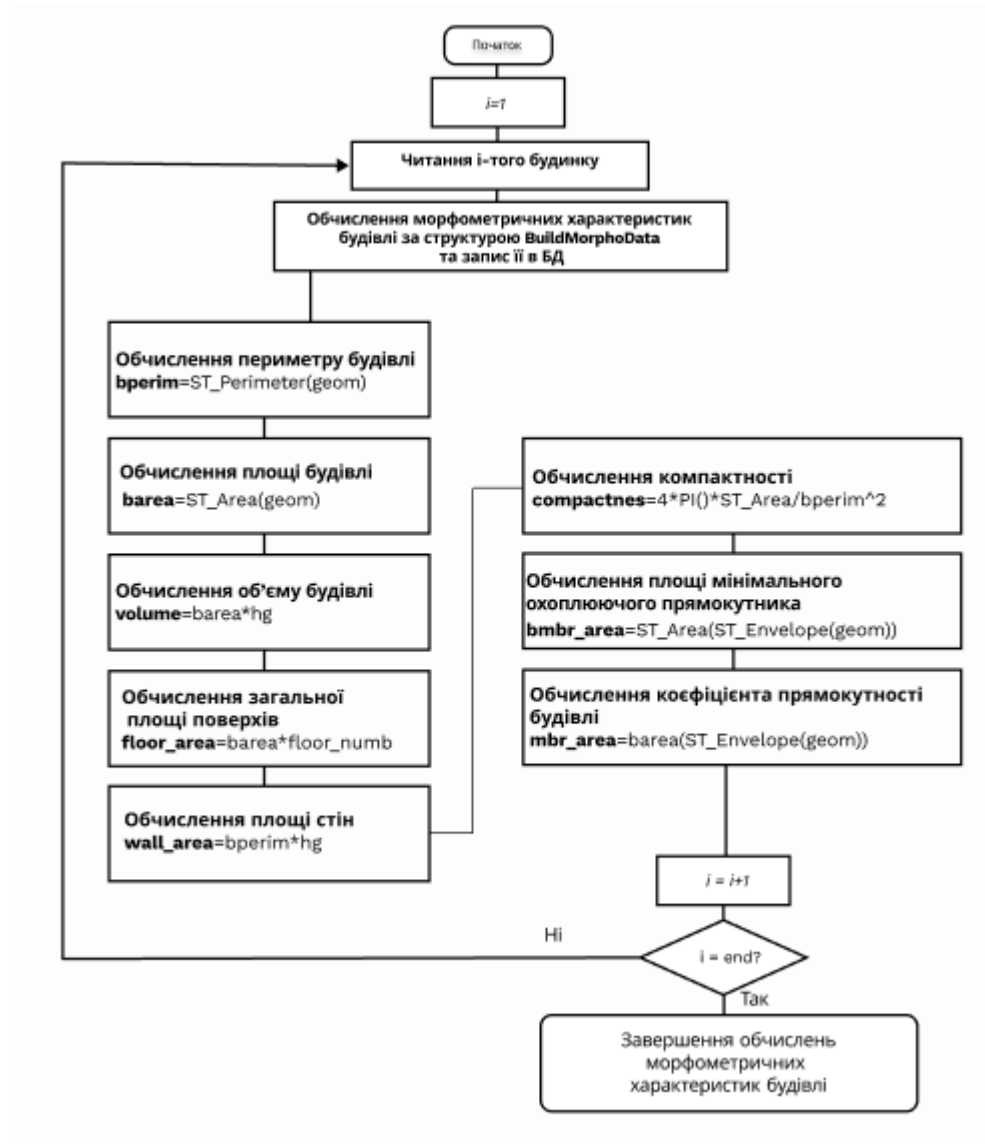


Рис.2.3. Схема алгоритму обчислення морфометричних характеристик будівлі за структурою BuildMorphoData

Алгоритм реалізується у функції morpho_build() (див. п.3.3.1.).

2.3.2 Алгоритм моделювання морфометричних індикаторів забудови зон найближчого сусідства навколо будівель

Алгоритм призначений для обчислення морфометричних індикаторів забудови в зонах найближчого сусідства радіусом 25, 50 та 100 м навколо будинків на основі агрегування даних будинків в межах території певної зони.

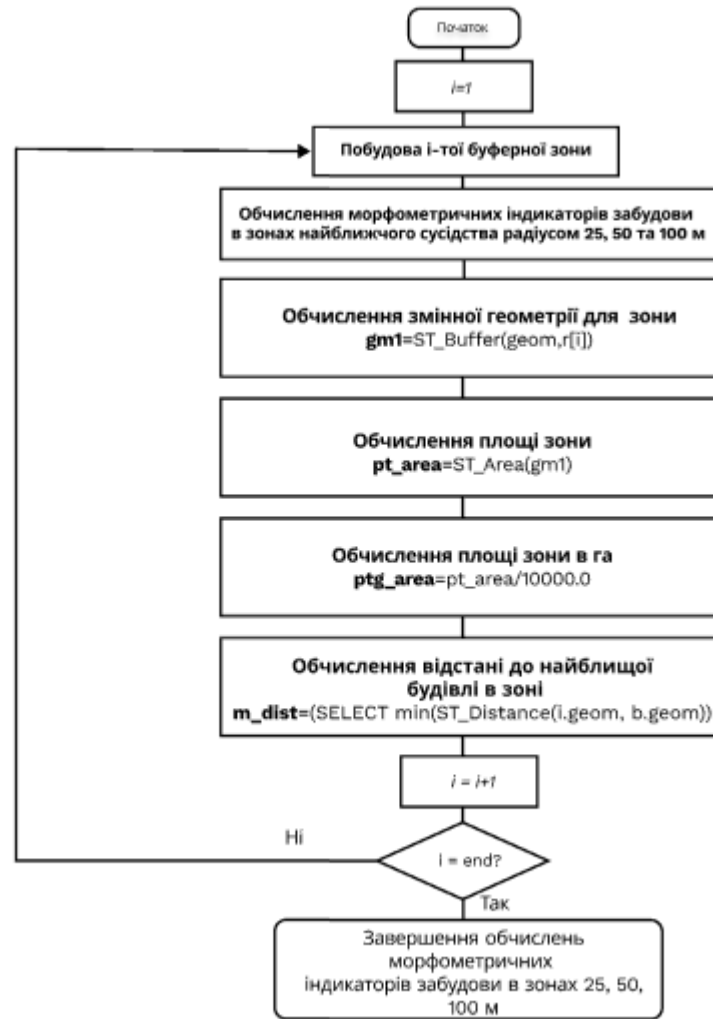


Рис.2.4. Схема алгоритму обчислення морфометричних індикаторів забудови в зонах найближчого сусідства радіусом 25м, 50м, 100м

В алгоритмі передбачено реалізацію одного основного циклу (рис.2.4.) за кількістю будинків, в якому формуються зони радіусом 25, 50 та 100 м навколо контуру будівлі, для яких обчислюється набір морфометричних індикаторів у відповідності до структури складеного атрибута TerMorphoData та відстань до найближчої будівлі в зоні.

В структурі TerMorphoData визначено такі індикатори забудови території:

b_number - загальна кількість будинків в межах зони;

t_area - площа зони;

tb_area - сумарна площа будинків зони;

kbt - кількість будинків на 1 га зони;

sbt - щільність забудови tb_area/t_area ;

fbt - коефіцієнт забудови як сума площі поверхів/площу зони;

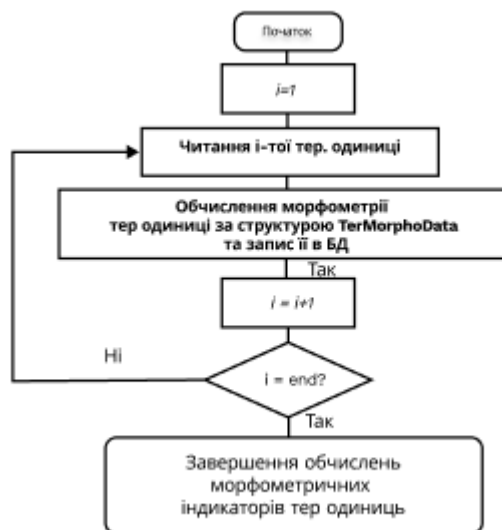
t_volume - сумарний об'єм будівель м. куб;

kt_volume - сумарний об'єм будівель на 1 га території зони.

Алгоритм реалізується у функції morpho_zone() (див. п.3.3.2.).

2.3.3 Алгоритм моделювання морфометричних індикаторів забудови структурно-планувальних територій міста

В алгоритмі моделювання морфометричних індикаторів забудови структурно-планувальних територій міста (рис. 2.5.) узагальнено схему обчислення морфометричних індикаторів для групи територіальних об'єктів: квартали, адміністративні райони, функціональні зони та місто в цілому.



. Рис.2.5. Схема алгоритму формування морфометричних індикаторів структурно-планувальних територій міста

В основному циклі цього алгоритму за кількістю територіальних об'єктів(ТО) певного класу обчислюються площа ТО та індикатори забудови території за структурою TerMorphoData

Схеми реалізації алгоритмів у функціях для конкретних класів об'єктів території приведено в п.3.3.3.

2.4 Розроблення алгоритмів формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах окремих територій міста

В алгоритмах цієї групи для окремих структурно-планувальних територій міста обчислюється набір показників стандартної статистики для будинків в межах територіальної одиниці (зони, квартали, адміністративні райони та територія міста).

До набору показників стандартної статистики належить:

mr_min – мінімальне значення індикатора;

mr_max – максимальне значення індикатора;

mr_mean – середнє значення індикатора;

mr_stdev – стандартне відхилення;

mr_var_k – коефіцієнт варіації= $stdev/mean$;

mr_dsp_i – індекс дисперсії= $stdev**2/mean$.

Дані показників стандартної статистики зберігаються у таблицях БД відповідно до класу територіального об'єкта, а саме:

mrp_st_zones – для зон найближчого сусідства навколо будівель;

mrp_st_blocks – для кварталів;

mrp_st_districts – для адміністративних районів міста;

mrp_st_city – для території міста в цілому;

2.4.1 Алгоритм формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах структурно-планувальних територій міста

В схемі алгоритму (рис.2.6.) передбачено один основний за кількістю територіальних об'єктів в класі та один вкладений цикл за кількістю морфометричних індикаторів будівель, для яких обчислюються показники стандартної статистики.

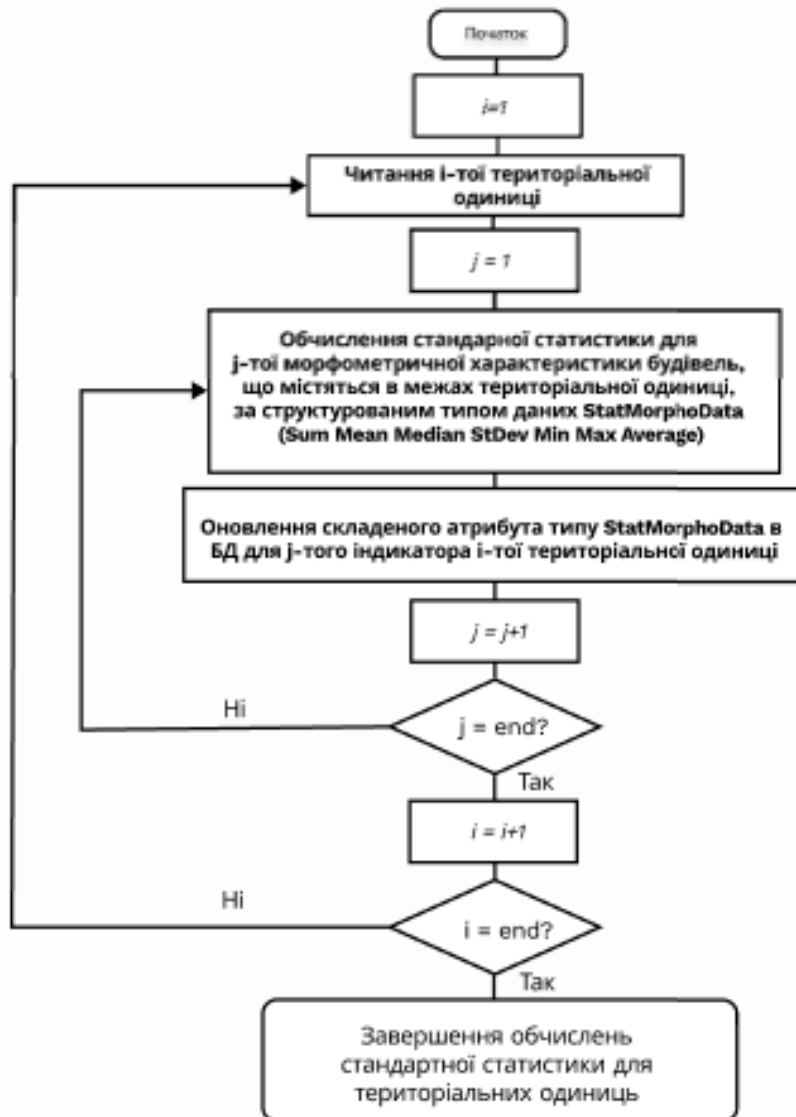


Рис.2.6. Схема алгоритму формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах структурно-планувальних територій міста

Набір показників стандартної статистики для кожного морфометричного індикатора ідентифікується кодом індикатора та унікальним ідентифікатором екземпляра об'єкта класу.

Варіанти алгоритму реалізується в залежності від класу територіального об'єкта у функціях `mr_stat_block()`, `mr_stat_district()`, `mr_stat_city()` (див. п. 3.4.2.).

2.4.2 Алгоритм формування стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства

Особливість схеми алгоритму обчислення стандартної статистики для морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства (рис.2.7.) в порівнянні з алгоритмами для об'єктів території міста (рис.2.6.) полягає в тому, що в цій схемі передбачено додатковий вкладений цикл для побудови буферних зон навколо будівель. Набори даних показників стандартної статистики для морфометричних індикаторів будівель обчислюються як агреговані показники для будівель, що містяться в межах зон найближчого сусідства навколо кожного будинку радіусом 25, 50 та 100 м.

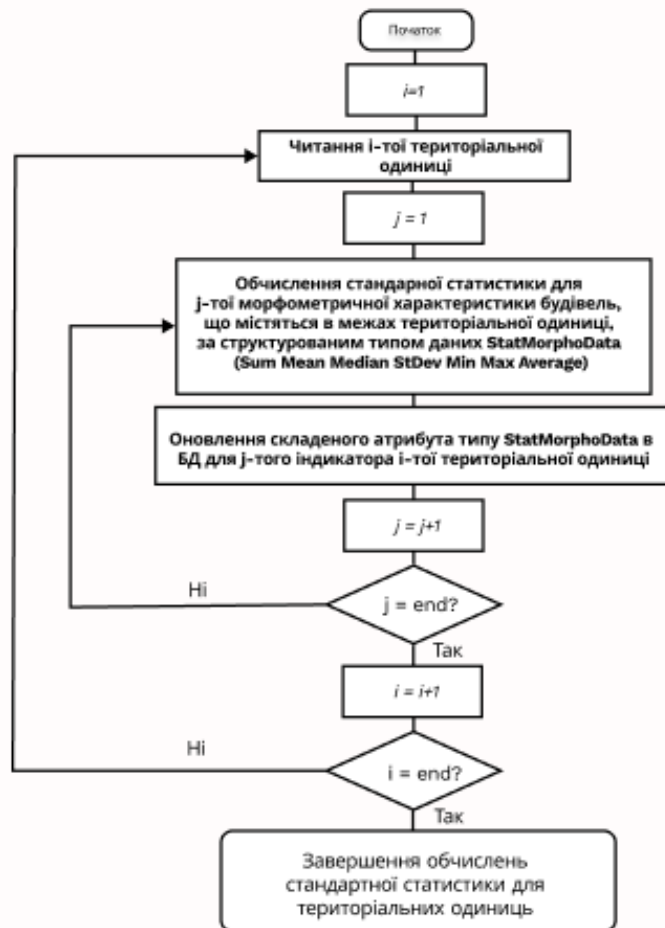


Рис.2.7. Схема алгоритму обчислення показників стандартної статистики будівель в межах зон найближчого сусідства

Висновки до розділу 2

Створення структурно-функціональних, концептуальних моделей стало невід'ємною частиною формування баз геопросторових даних адже продумана, формалізована схема в декілька разів в кілька разів зменшує витрати на розробку системи, реалізацію БД та її експлуатацію і модернізацію, оскільки дані забезпечуються високим рівнем документованості .

У другому розділі розроблено структурно-функціональну модель ГІС морфометричних характеристик міської забудови, у якій наведено перелік вхідних даних, створено блоки бази даних ГІС МФХ, показано інструменти, що використовують для аналізу морфометричних характеристик, а також результати виконаного моделювання.

Наведено концептуальну UML-діаграму, яка складається з класів об'єктів, їх наповнення, функцій, що їх обчислюють, а також сутностей по типу асоціації, залежності та агрегування.

Жодна БД не може бути створена без каталогу об'єктів. У розділі представлений каталог атрибутів, каталог об'єктів а також структури складеного типу даних для індикаторів морфометричних характеристик міської забудови.

Розроблено схеми алгоритмів обробки та функціонування набору даних для різних територіальних рівні задля обчислення показників та індикаторів необхідних для розрахунків морфометричних характеристик міської забудови.

**РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав	Травкіна О.А.				Геоінформаційне моделювання морфометричних характеристик міської забудови	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив.	Лященко А.А.						1	6
Керівник	Лященко А.А.					КНУБА, група ГСТ-61м		
Зав. каф.	Карпінський Ю.О.							

3. РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

3.1. Технологічна схема реалізації ГІС МФ

В технологічній схемі реалізації ГІС морфометричних характеристик (рис.3.1.) подано основну послідовність етапів для створення бази геопросторових даних класів об'єктів будівель, структурних територіальних одиниць, таких як земельні ділянки, квартали, райони, місто, для яких виконують моделювання їх морфометричних характеристик та обчислюються статистичні показники їх забудови.

До основних етапів технологічної схеми належать:

- A1) Створення бази даних morpho_build у ПЗ pgAdmin III;
- A2) – Завантаження вихідних даних у БД за допомогою pgShapeLoader;
- A3) – Створення таблиць для статистики по територіальним одиницям та буферним зонам міської забудови та розроблення прикладних SQL-функцій;
- A4) Моделювання МФХ будівель;
- A5) Моделювання МФХ зони;
- A6) Моделювання МФХ територіальної одиниці (квартали, райони, місто);
- A7) Моделювання МФХ статистичних індикаторів будівлі, територіальної одиниці, в межах буферних зон;
- A8) Формування тематичних карт у середовищі QGIS;
- A9) Аналіз отриманих результатів в QGIS.

Розглянемо зміст етапів технологічної схеми:

Створена база даних складається з таблиць різних територіальних рівнів, включаючи таблиці морфометричної статистики наборів даних міської забудови. Реалізується за допомогою спеціалізованих SQL-функцій, які обчислюють морфометричні характеристики будівлі, кварталу, району, зони, міста, а також стандартні статистичні показники кварталу, району, міста та зони.

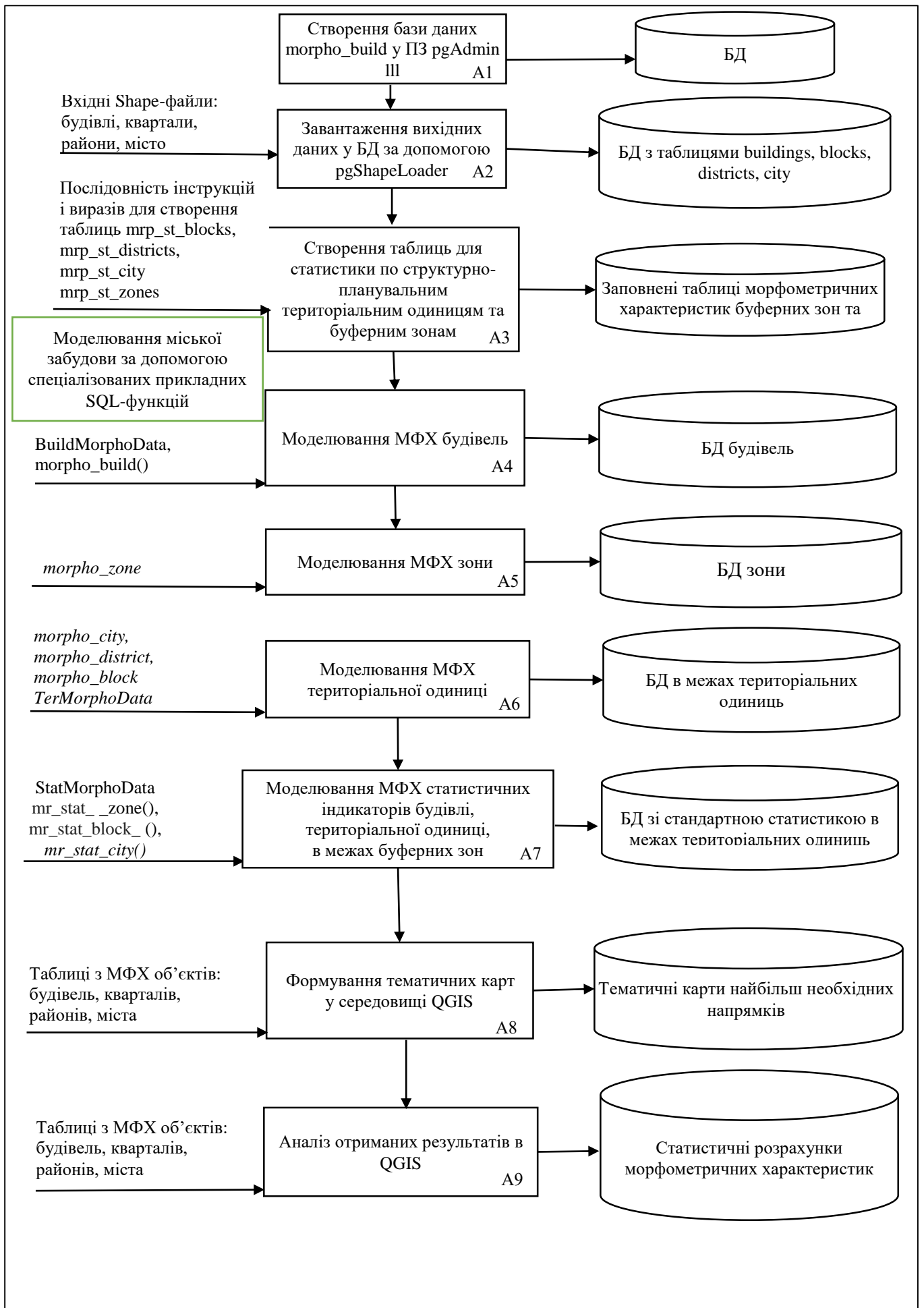


Рис.3.1. Технологічна схема реалізації ГІС МФХ

A1) Створення бази даних morpho_urban_build у ПЗ pgAdmin III

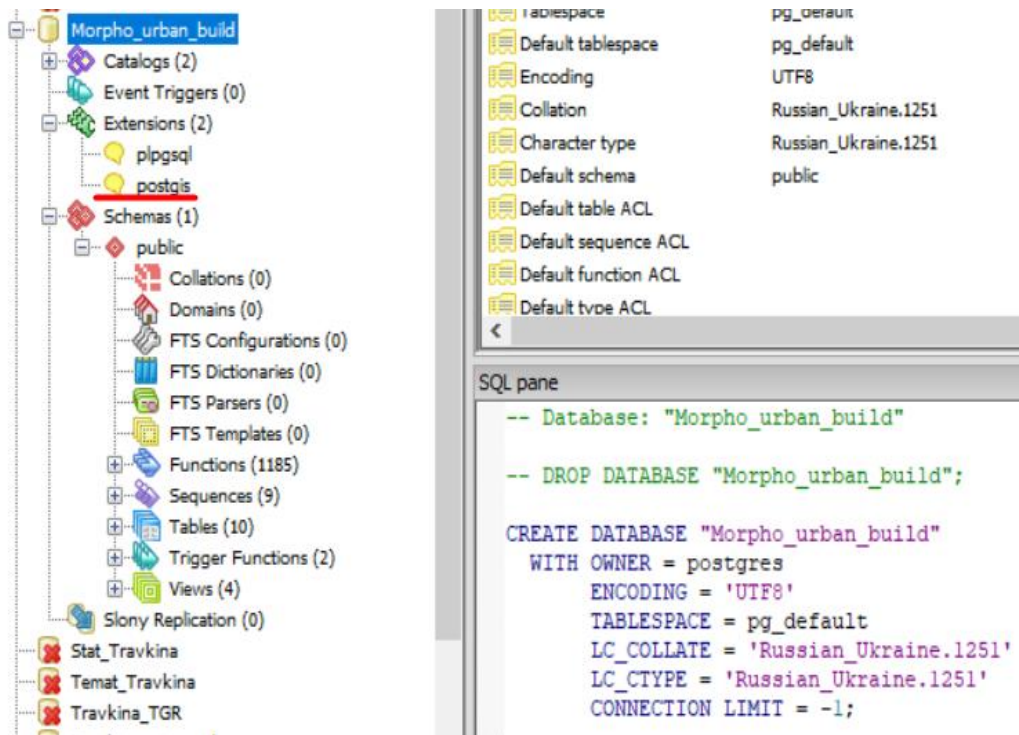


Рис. 3.1. Створення БГД Morpho_urban_build

У програмному забезпеченні pgAdmin III створено базу даних морфометричних характеристик міської забудови, а також додано просторове розширення postgis для можливості обробляти геометрію даних.

A2) – Завантаження вихідних даних у БД за допомогою pgShapeLoader

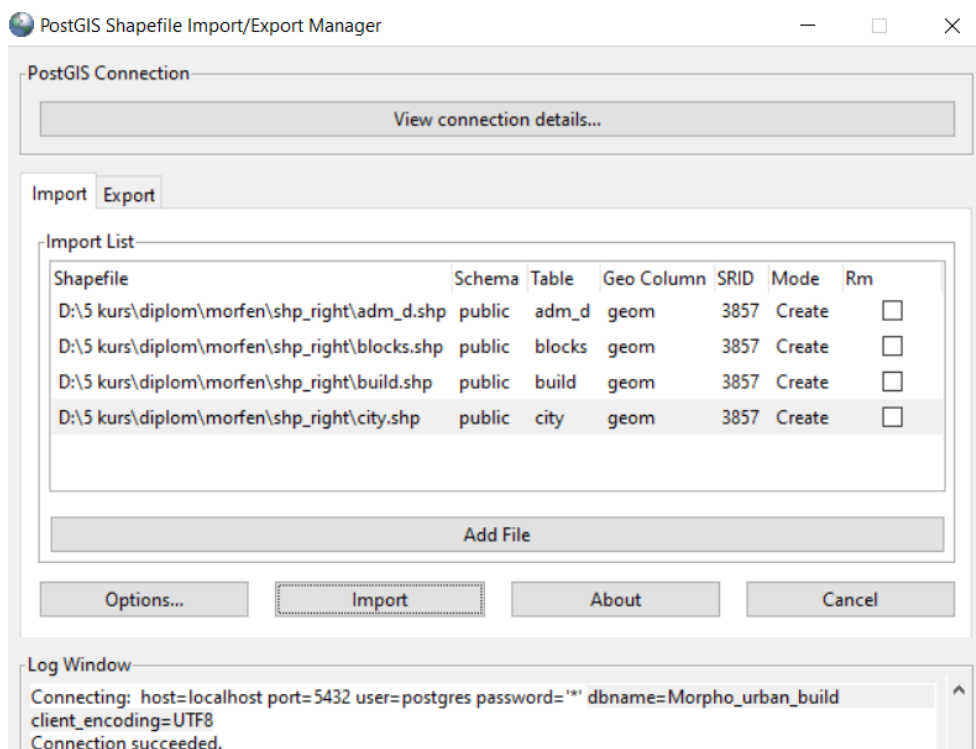
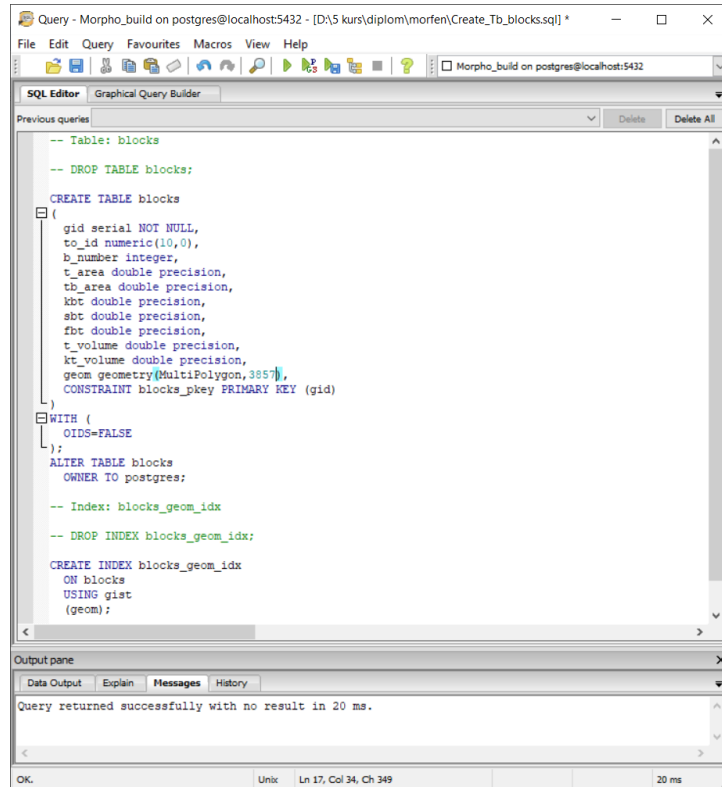


Рис. 3.2. Завантаження вихідних даних у БД

Завантажуємо shp-файли будинків, кварталів, районів, зон та міста. Обираємо просторовий ідентифікатор системи координат SRID 3857 та систему кодування символів UTF-8.

А3) – Створення таблиць для статистики по територіальним одиницям та буферним зонам міської забудови та розроблення прикладних SQL-функцій;



```

-- Table: blocks
-- DROP TABLE blocks;

CREATE TABLE blocks
(
gid serial NOT NULL,
to_id numeric(10,0),
b_number integer,
t_area double precision,
tb_area double precision,
kt double precision,
sbt double precision,
fbt double precision,
t_volume double precision,
kt_volume double precision,
geom geometry(MultiPolygon,3857),
CONSTRAINT blocks_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE blocks
  OWNER TO postgres;

-- Index: blocks_geom_idx
-- DROP INDEX blocks_geom_idx;

CREATE INDEX blocks_geom_idx
  ON blocks
  USING gist
  (geom);

```

Output pane

Query returned successfully with no result in 20 ms.

OK. Unix Ln 17, Col 34, Ch 349 20 ms

Рис.3.3. Створення таблиць для статистики по територіальним одиницям

Створення таблиць з показниками для розрахунку статистики по територіальним одиницям: кварталу (Рис.3.3), району, зони, міста.

Розроблення прикладних SQL-функцій (Рис.3.4.) морфометричних характеристик міської забудови для:

обчислення морфометричних індикаторів будинків, що зберігаються в таблиці buildings з контурами в атрибуті geom;

обчислення морфометричних індикаторів кварталів на основі агрегування даних будинків в межах відповідної території (ТО);

обчислення морфометричних індикаторів забудови в зонах найближчого сусідства радіусом 25, 50 та 100 м навколо будинків на основі агрегування даних будинків в межах території певної зони;

обчислення морфометричних індикаторів забудови районів на основі агрегування даних будинків в межах відповідної території (ТО);

обчислення морфометричних індикаторів забудови міста на основі агрегування даних будинків в межах відповідної території (ТО).

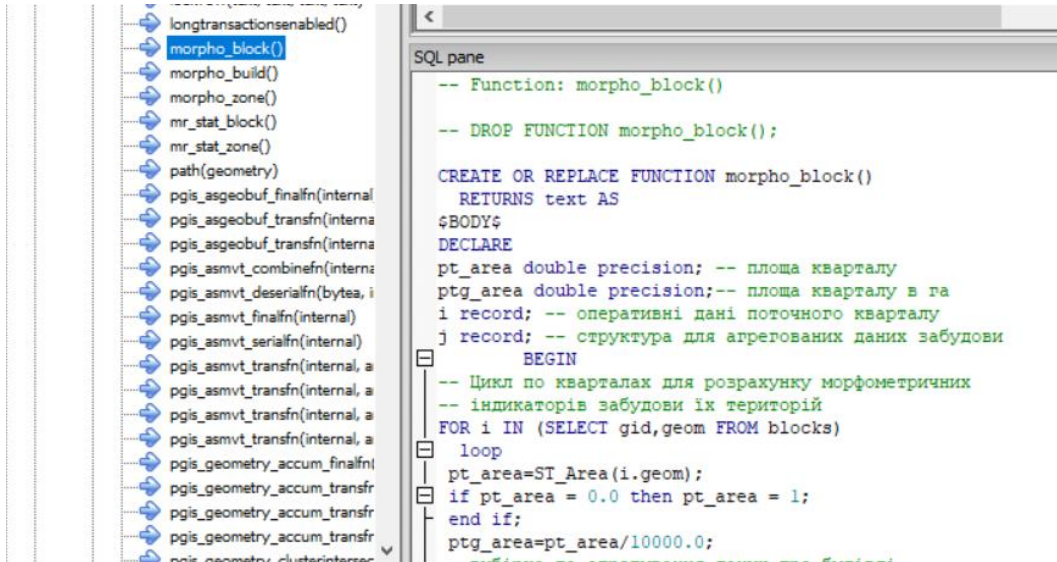


Рис.3.4. Вікно дерева pgAdmin III із прикладних SQL-функцій морфометричних характеристик міської забудови

A4) Моделювання МФХ будівель

На етапі моделюються показники висотності кожної окремої будівлі, периметру, площі, об'єму будівель, площі поверхів, площі стні, компактності, прямокутної зони охоплення. Вихідними даними для геоінформаційного моделювання є таблиця структури складеного типу даних BuildMorphoData для морфометричних індикаторів будівель та прикладна функція morpho_build(). Більш детально функцію розглянуто у п. 3.3.

A5) Моделювання МФХ зони

На етапі моделюються показники відстані до кожного будинку в межах зони, загальної кількості будинків в межах зони, площа зони, сумарної площі будинків зони, кількості будинків на 1 га зони, щільності забудови, коефіцієнтів забудови відношенням сумарної площі поверхів до площі зони, сумарного об'єму будівель, сумарного об'єму будівель на 1 га території зони. Вихідними даними для геоінформаційного моделювання є таблиця обчислення морфометричних індикаторів забудови в зонах найближчого сусідства

радіусом 25, 50 та 100 м `morpho_zone` та прикладна функція `morpho_zone ()`.
Більш детально функцію розглянуто у п. 3.4.

А6) Моделювання МФХ територіальної одиниці (квартали, райони, місто);

На етапі для кварталу моделюються показники загальної кількості будинків в межах кварталів, площа кварталів, сумарна площа будинків в кожному кварталі, кількість будинків на 1 га кварталу, щільність забудови як відношення сумарної площі будинків в кварталі до площі кварталу, коефіцієнт забудови як відношення сумарної площі поверхів будинків в кварталі до площі кварталу, сумарний об'єм будівель, сумарний об'єм будівель на 1 га території.

На етапі для району моделюються показники загальної кількості будинків в межах районів, площі районів, сумарна площа будинків в кожному районі, кількість будинків на 1 га району, щільність забудови як відношення сумарної площі будинків в районі до площі району, коефіцієнт забудови як відношення сумарної площі поверхів будинків в районі до площі району, сумарний об'єм будівель на території району, сумарний об'єм будівель на 1 га території.

На етапі для міста моделюються показники загальної кількості будинків в межах міста, площі міста, сумарна площа будинків в місті, кількість будинків на 1 га міста, щільність забудови як відношення сумарної площі будинків в місті до площі міста, коефіцієнт забудови як відношення сумарної площі поверхів будинків в місті до площі міста, сумарний об'єм будівель на території міста, сумарний об'єм будівель на 1 га території міста.

Вихідними даними для геоінформаційного моделювання є таблиця обчислення морфометричних індикаторів забудови кварталів `morpho_block()`, обчислення морфометричних індикаторів забудови районів `morpho_district()`, обчислення морфометричних індикаторів забудови міста `morpho_city()`, таблиця структури складеного типу даних `TerMorphoData` для морфометричних індикаторів будівель, а також прикладні функції морфометричних характеристик міської забудови `morpho_block()`, `morpho_block()`, `morpho_block()`. Більш детально функції розглянуто у п. 3.4.

A7) Моделювання МФХ статистичних індикаторів будівлі, територіальної одиниці, в межах буферних зон

На етапі обчислюються показники стандартної статистики для морфометричних індикаторів в межах кварталу, району міста, в переліку: мінімальне значення індикатора, максимальне значення індикатора, середнє значення індикатора, стандартне відхилення морфометричного індикатора, коефіцієнт варіації як відношення стандартного відхилення до середнього значення морфометричного індикатора, індекс дисперсії як відношення квадрату стандартного відхилення до середнього значення морфометричного індикатора.

Обчислюються показники стандартної статистики для морфометричних індикаторів в межах буферних зон навколо будинків радіусом 25, 50 та 100 м, в переліку: мінімальне значення індикатора, максимальне значення індикатора, середнє значення індикатора, стандартне відхилення морфометричного індикатора, коефіцієнт варіації як відношення стандартного відхилення до середнього значення морфометричного індикатора, індекс дисперсії як відношення квадрату стандартного відхилення до середнього значення морфометричного індикатора в межах зони, де кожної зони 1,2,3 (радіус зони відповідно дорівнює 25,50,100 м).

A8) Формування тематичних карт у середовищі QGIS

На основі попереднього моделювання створено тематичні карти щільності міської забудови, компактності, сумарного об'єму забудови міського середовища, а також коефіцієнту міської забудови у ПЗ QGIS. Докладніше картографічні результати розглядаються у п. 3.5.

A9) Аналіз отриманих результатів в QGIS

У вигляді додатків до тематичного картографування виконано створення гістограм показників статистичних індикаторів будівлі, територіальних одиниць в межах буферних зон у середовищі QGIS.

3.2 Логічна модель БГД ГІС МФХ в середовищі PostgreSQL/PostGIS

На етапі логічного моделювання БГД розробляється логічна схема або логічна модель бази даних, в якій враховуються особливості реалізації бази даних середовищі певної СКБД. Логічна схема створюється шляхом відображення концептуальної моделі у певні мовні конструкції та схематичні позначення вибраної СКБД. Це стосується зокрема «діалекту» мови SQL, оператор CREATE TABLE якої використовується для на опису структури таблиць бази даних за такою загальною синтаксичною схемою:

```
CREATE TABLE <ім'я таблиці> (
  <ім'я атрибута 1> <тип даних атрибута 1> [<обмеження для атрибута 1>],
  <ім'я атрибута 2> <тип даних атрибута 2> [<обмеження для атрибута 2>],
  .....
  <ім'я атрибута N> <тип даних атрибута N> [<обмеження для атрибута
N>],
  [<обмеження для таблиці>]
);
```

Діалектність мови SQL проявляється у відмінностях найменування однакових типів даних в СКБД від різних постачальників. В логічній схемі БГД, що розробляється в магістерській роботі вживаються найменування типів даних для атрибутів, що роботі використовуються в ОП СКБД PostgreSQL/PostGIS. Зокрема для опису геометричних елементів як окремого атрибута з іменем *geom* використовується тип даних *geometry*, який підтримується функціями розширення PostGIS для зберігання, маніпулювання та аналізу геопросторових даних в ОП СКБД PostgreSQL. Далі в п.3.2.1 – 3.2.6 подано SQL схеми таблиць БГД для моделювання морфометричних характеристик міської забудови. рядки визначення атрибутів у схемах супроводжуються коментарями щодо призначення атрибута

3.2.1 Схема таблиці *buildings* для морфометричних індикаторів будівель

```
CREATE TABLE buildings
```

```

(
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
sid numeric(10,0), -- ідентифікатор будівлі
type_code integer, -- код типу будівлі
f_use_code integer, -- код функціонального призначення будівлі
status_cod integer, -- код стану будівлі
floor_num integer, -- кількість поверхів будівлі
hg double precision, -- висота будівлі у стінах
perim double precision, -- периметр будівлі
area double precision, -- площа будівлі в плані
volume double precision, -- об'єм будівлі
floor_area double precision, -- загальна площа поверхів будівлі
wall_area double precision, -- загальна площа стін будівлі
compactnes double precision, -- компактність форми будівлі
mbr_area double precision, -- площа обмежувального прямокутника будівлі
box_nes double precision, -- індикатор прямокутності будівлі
geom geometry(MultiPolygon,3395), -- геометрія контуру будівлі у плані
CONSTRAINT buildings_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
-- створення просторового індексу для таблиці buildings
CREATE INDEX buildings_geom_idx ON buildings
  USING gist (geom);

```

3.2.2 Схеми таблиці zones для морфометричних індикаторів забудови в зонах наближеного сусідства будівель

```

CREATE TABLE zones
(
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
bud_id numeric(10,0), -- ідентифікатор будівлі
zone_cod numeric(10,0), -- код зони [1,2,3], який відповідає радіусу
буферної
-- зони навколо будівлі [25, 50, 100] метрів
m_distance double precision, -- мінімальна відстань до сусіднього будинку
b_number integer, -- кількість будинків в зоні
t_area double precision, -- площа зони

```

```

tb_area double precision, -- загальна площа будинків в межах зони
kbt double precision, -- число будівель на 1 га зони
sbt double precision, -- щільність забудови в зоні
fbt double precision, -- коефіцієнт забудови в зоні
t_volume double precision, -- загальний об'єм будівель зони
kt_volume double precision, -- об'єм будівель на 1 га зони
CONSTRAINT zones_pkey PRIMARY KEY (gid)
)

```

3.2.3 Схеми таблиці *blocks* для морфометричних індикаторів забудови кварталів

```

CREATE TABLE blocks (
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
to_id numeric(10,0), -- ідентифікатор кварталу
b_number integer, -- кількість будинків в кварталі
t_area double precision, -- площа кварталу
tb_area double precision, -- загальна площа будинків в межах кварталу
kbt double precision, -- число будівель на 1 га кварталу
sbt double precision, -- щільність забудови кварталу
fbt double precision, -- коефіцієнт забудови кварталу
t_volume double precision, -- загальний об'єм будівель кварталу
kt_volume double precision, -- об'єм будівель на 1 га кварталу
geom geometry(MultiPolygon,3395), -- геометрія контуру кварталу
CONSTRAINT blocks_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
-- створення просторового індексу для таблиці кварталів
CREATE INDEX blocks_geom_idx ON blocks USING gist (geom);

```

3.2.3 Схеми таблиці *districts* для морфометричних індикаторів забудови адміністративних районів міста

```

CREATE TABLE districts (
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
to_id numeric(10,0), -- ідентифікатор району
distr_name varchar (64), -- найменування району
b_number integer, -- кількість будинків в районі
t_area double precision, -- площа району
tb_area double precision, -- загальна площа будинків в межах району
kbt double precision, -- число будівель на 1 га району
sbt double precision, -- щільність забудови району

```

```

fbt double precision, -- коефіцієнт забудови району
t_volume double precision, -- загальний об'єм будівель району
kt_volume double precision, -- об'єм будівель на 1 га району
geom geometry(MultiPolygon,3395), -- геометрія контуру району
CONSTRAINT districts_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
-- створення просторового індексу для таблиці районів
CREATE INDEX districts_geom_idx ON blocks USING gist (geom);

```

3.2.4 Схема таблиці city для морфометричних індикаторів забудови території міста

```

CREATE TABLE city (
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
to_id numeric(10,0), -- ідентифікатор міста
city_name varchar (32), -- назва міста
b_number integer, -- кількість будинків в місті
t_area double precision, -- площа міста
tb_area double precision, -- загальна площа будинків в межах міста
kbt double precision, -- число будівель на 1 га міста
sbt double precision, -- щільність забудови міста
fbt double precision, -- коефіцієнт забудови міста
t_volume double precision, -- загальний об'єм будівель міста
kt_volume double precision, -- об'єм будівель на 1 га міста
geom geometry(MultiPolygon,3395), -- геометрія межі міста
CONSTRAINT city_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
-- створення просторового індексу для таблиці кварталів
CREATE INDEX city_geom_idx ON blocks USING gist (geom);

```

3.2.5 Схеми таблиць для стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель межах структурно-планувальних об'єктів міста

Таблиця mrp_st_zones стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах зон ближчого сусідства

```

CREATE TABLE mrp_st_zones
(
gid serial NOT NULL,
bud_id integer, -- ідентифікатор будівлі
zone_cod integer, -- код/номер зони

```

```

mr_cod integer, -- код морфометричного індикатора будівлі
mr_min double precision, -- мінімальне значення індикатора
mr_max double precision, -- максимальне значення індикатора
mr_mean double precision, -- середнє значення індикатора
mr_stdev double precision, -- стандартне квадратичне відхилення
mr_var_k double precision, -- коефіцієнт варіації
mr_dsp_i double precision, -- індекс дисперсії
CONSTRAINT mrp_st_zones_pkey PRIMARY KEY (gid)
)

```

Таблиця mrp_st_blocks стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах кварталів

```

CREATE TABLE mrp_st_blocks
(
gid serial NOT NULL,-- системний ідентифікатор запису
blc_id integer, -- ідентифікатор кварталу
mr_cod integer, -- код морфометричного індикатора будівлі
mr_min double precision, -- мінімальне значення індикатора
mr_max double precision, -- максимальне значення індикатора
mr_mean double precision, -- середнє значення індикатора
mr_stdev double precision, -- стандартне квадратичне відхилення
mr_var_k double precision, -- коефіцієнт варіації
mr_dsp_i double precision, -- індекс дисперсії
CONSTRAINT mrp_st_blocks_pkey PRIMARY KEY (gid)
)

```

Таблиця mrp_st_districs стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах адміністративних районів

```

CREATE TABLE mrp_st_districs
(
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
blc_id integer, -- ідентифікатор адміністративного району міста
mr_cod integer, -- код морфометричного індикатора будівлі
mr_min double precision, -- мінімальне значення індикатора
mr_max double precision, -- максимальне значення індикатора
mr_mean double precision, -- середнє значення індикатора

```

```

mr_stdev double precision, -- стандартне квадратичне відхилення
mr_var_k double precision, -- коефіцієнт варіації
mr_dsp_i double precision, -- індекс дисперсії
CONSTRAINT mrp_st_distrits_pkey PRIMARY KEY (gid)
)

```

Таблиця mrp_city стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах міста

```

CREATE TABLE mrp_st_city
(
gid serial NOT NULL, -- системний ідентифікатор запису
blc_id integer, -- ідентифікатор міста
mr_cod integer, -- код морфометричного індикатора будівлі
mr_min double precision, -- мінімальне значення індикатора
mr_max double precision, -- максимальне значення індикатора
mr_mean double precision, -- середнє значення індикатора
mr_stdev double precision, -- стандартне квадратичне відхилення
mr_var_k double precision, -- коефіцієнт варіації
mr_dsp_i double precision, -- індекс дисперсії
CONSTRAINT mrp_st_city_pkey PRIMARY KEY (gid)
)

```


3.3 Схеми реалізація прикладних SQL-функції для моделювання морфометричних характеристик міської забудови

В роботі розроблено набір прикладних SQL-функції, які забезпечують моделювання морфометричних характеристик міської забудови на основі геопросторових даних про будівлі та планувальних об'єктів території міста, зокрема, кварталів, адміністративних районів міста та території міста в цілому, а також для зон найближчого сусідства, які динамічно створюються як буферні зони розміром 25, 50 та 100 м навколо кожного будинку. Склад індикаторів визначено в логічних схемах таблиць БГД відповідних класів об'єктів, що приведені в п. 3.2 цього розділу.

Окремий набір функцій призначений для обчислення стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах територіальних об'єктів відповідного класу, а саме: зон найближчого сусідства навколо будівель, кварталів, адміністративних районів та міста в цілому.

Функції розроблено з використанням мови PL/pgSQL, яка належить до процедурних мов програмування в середовищі ОП СКБД PostgreSQL на основі розширення мови SQL операторами управління обчислювального процесу, зокрема такими як: організації циклів, умовних операторів типу IF та CASE тощо.

Мова PL/pgSQL забезпечує створення нових прикладних функцій як об'єктів, що постійно зберігаються на сервері бази даних. Це один із засобів, які перетворюють реляційні СКБД в об'єктно-реляційні, оскільки вбудовані функції та процедури на мові PL/pgSQL можна розглядати як функції-методи, що за термінологією об'єктно-орієнтованого програмування моделюють поведінку об'єктів. У нашому випадку це функції-методи які обчислюють значення атрибутів для екземплярів класів просторових об'єктів та зберігають їх у відповідних таблицях БГД.

Функції на мові PL/pgSQL мають блочну структуру. До типових блоків належать: блоки оголошення глобальних змінних, які видимі у всіх блоках; блоки циклів: блоки умовних операторів: блоки SQL запитів, блоки запису та

оновлення даних в таблицях БГД. Далі в схемах реалізації прикладних SQL-функції для моделювання морфометричних характеристик міської забудови подано призначення, зміст та особливості реалізації блоків формування морфометричних характеристик міської забудови на рівні будинків і структурно-територіальних об'єктів території міста.

Для просторових побудов та просторового аналізу у розроблених прикладних SQL-функціях використовуються функції бібліотеки PostGIS, які призначені для підтримання в середовищі СКБД PostgreSQL використання спеціального типу даних Geometry для зберігання та аналізу геопросторових даних. Повні тексти функцій подано в Додатку А.

3.3.1 Схема реалізації функції `morpho_build` для моделювання морфометричних індикаторів будівель

Функція `morpho_build()` призначена для обчислення морфометричних індикаторів будинків, що зберігаються в таблиці `buildings` з їх контурами в атрибуті `geom`.

У функції використовуються як вихідні для моделювання значення таких атрибутів будівель із таблиці `buildings`:

`gid` : serial - системний ідентифікатор будівлі;

`floor_num`: integer - кількість поверхів;

`hg`: double precision - висота будівлі.

Блок оголошення функції та її глобальних змінних, які призначені для зберігання значень індикаторів, що використовуються для обчислення інших індикаторів, має таку схему:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_build()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  bperim double precision;
  barea double precision;
  bcompactnes double precision;
  bmbr_area double precision;
```

`i record`; -- змінна структурованого типу `record`, в яку читаються із таблиці `buildings` первинні атрибути будівлі на поточному кроці циклу

У функції реалізований один основний цикл для рядків таблиці `buildings`, на кожному кроці якого обчислюються та записуються в базу даних морфометричні характеристики *i*-того будинку:

```
FOR i IN (SELECT gid,floor_num,hg,geom FROM buildings)
loop
  bperim=ST_Perimeter(i.geom);
  barea=ST_Area(i.geom);
  bmbr_area=ST_Area(ST_Envelope(i.geom));
  UPDATE buildings SET perim=bperim,
    area=barea,
    volume=barea*i.hg,
    floor_area=barea*i.floor_num,
    wall_area=bperim*i.hg,
    compactnes=4*PI()*barea/bperim^2,
    mbr_area=bmbr_area,
    box_nes=barea/bmbr_area
  WHERE buildings.gid=i.gid;
end loop;
```

Функція обчислює та оновлює в таблиці `buildings` такі морфометричні індикатори будівель:

`perim double precision` - периметр;

`area double precision` - площа;

`volume double precision` - об'єм;

`floor_area double precision` - загальна площа поверхів;

`wall_area double precision` - площа стін;

`compactnes double precision` - компактність форми будівлі;

`mbr_area double precision` - площа охоплюючого прямокутника;

`bbox_nes double precision` індикатор прямокутності форми `area/mbr_area`;

Виклик функції на виконання забезпечується використанням оператора

SQL

```
SELECT morpho_build();
```

Повний текст функції подано в Додатку А.1.

3.3.2 Схема реалізації функції `morpho_zone` для моделювання морфометричних індикаторів забудови зон найближчого сусідства навколо будівель

Функції `morpho_zone` призначена для обчислення морфометричних індикаторів забудови в зонах найближчого сусідства радіусом 25, 50 та 100 м -- навколо будинків на основі агрегування даних будинків в межах території певної зони.

Як вхідні дані у функції використовуються дані із таблиці будинків `buildings`, а у функції обчислюються та оновлюються в таблиці `zones` такі морфометричні індикатори забудови кожній зоні навколо кожного будинку:

`gid serial` - системний ідентифікатор зони;

`bud_id integer` - ідентифікатор будівлі;

`zone_cod integer` - код/номер зони = 1; 2; 3 (для R-25, 50 та 100 м);

`m_distance double precision` - відстань до найближчої будівлі в зоні;

`b_number integer` - загальна кількість будинків в межах зони;

`t_area double precision` - площа зони;

`tb_area double precision` - сумарна площа будинків зони;

`kbt double precision` - кількість будинків на 1 га зони;

`sbt double precision` - щільність забудови tb_area/t_area ;

`fbt=double precision` - коефіцієнт забудови як сума площі поверхів/площу зони;

`t_volume double precision` - сумарний об'єм будівель м. куб;

`kt_volume double precision` - сум. будівель об'єм на 1 га території зони.

Блок оголошення функції та її глобальних змінних, які призначені для зберігання значень індикаторів, що використовуються для обчислення інших індикаторів, має таку схему:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_zone()
  RETURNS text AS
  $BODY$
```

DECLARE

```

pt_area double precision; -- площа зони
ptg_area double precision; -- площа зони в га
gm1 geometry; -- змінна для геометрії зони
m_dist1 double precision; -- відстань до найближчої будівлі в зоні
i record; -- структура хідних даних поточного будинку із таблиці БГД
j record; -- структура для агрегованих даних забудови зони

```

На початку роботи із таблиці zones видаляється її вміст:

```
DELETE FROM zones;
```

Основним блоком функції є блок циклу для записів таблиці будівель buildings, на кожному кроці якого для *i-того* будинку викликається функція *ST_Buffer (geom: geometry, R: double precision)* для побудови буферів навколо контуру будівлі відповідно радіусу 25, 50 та 100 м і для кожної зони обчислюються її морфометричні індикатори.

Схема цього блоку з деталізацією підблоку для зони радіусом 25 м має такий вид:

```

FOR i IN (SELECT gid,sid,geom FROM buildings)
  loop
  -- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІ ЗОНИ 1 - 25 метрів
  gm1=ST_Buffer(i.geom,25.0);
  pt_area=ST_Area(gm1);
  ptg_area=pt_area/10000.0;
  m_dist1=(SELECT min(ST_Distance(i.geom, b.geom))
  FROM buildings b
  where b.gid<>i.gid and ST_Intersects(b.geom,gm1 ));
  -- вибірка та агрегування даних про будівлі,
  -- що перетинаються з територією зони 1
  SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
  SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
  FROM buildings as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,gm1) INTO j;
  -- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних для зони 1
  INSERT INTO zones(
    bud_id, zone_cod, m_distance, b_number, t_area, tb_area,

```

```

kbt, sbt, fbt, t_volume, kt_volume)
VALUES ( i.sid, 1, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
        j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);
-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 2 - 50 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,50.0);
.....
.....
.....
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
        j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 3 - 100 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,100.0);
.....
.....
.....
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
        j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

END loop;
return 'Done';
END;
```

Виклик функції на виконання забезпечується використанням оператора SQL

```
SELECT morpho_build();
```

Повний текст функції подано в Додатку А.2.

3.3.3 Схеми реалізації функцій для моделювання морфометричних індикаторів забудови структурно-планувальних територій міста

До цієї групи належать функції, які призначені для обчислення морфометричних характеристик забудови структурно-планувальних територій міста на основі агрегування даних про будівлі в межах певної території, а саме:

morpho_block() – для кварталів;

morpho_district() – для адміністративних районів міста;

morpho_city() – для міста в цілому.

Ці функції мають однакову логічну структуру та схему обчислення таких морфометричних індикаторів забудови територіальної одиниці (ТО) як екземпляра певного класу (кварталу, району, міста):

b_number integer – загальна кількість будинків в межах ТО;

t_area double precision – площа ТО;

tb_area double precision – сумарна площа будинків в межах ТО;

kbt double precision – кількість будинків на 1 га ТО;

sbt double precision – щільність забудови ТО ($sbt = tb_area / t_area$);

fbt double precision – коефіцієнт забудови (сума площ поверхів/площа ТО);

t_volume double precision – сумарний об'єм будівель м. куб в межах ТО;

kt_volume double precision – сума об'єму будівель на 1 га території ТО.

Схему реалізації функцій цієї групи далі розглянуто на прикладі функції *morpho_block()* для моделювання морфометричних індикаторів забудови кварталів.

Блок оголошення функції та її глобальних змінних, які призначені для зберігання значень індикаторів, що використовуються для обчислення інших індикаторів, має таку схему:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_block()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  pt_area double precision; -- площа кварталу
  ptg_area double precision; -- площа кварталу в га
  i record; -- вхідні дані для поточного кварталу із таблиці БГД
  j record; -- структура для агрегованих даних забудови кварталу
```

Основним блоком функції є цикл для записів таблиці *blocks* (або іншого відповідного ТО в реалізації аналогічної функції для районів та міста), на кожному кроці якого із бази даних читаються первинні вхідні дані ТО, обчислюються морфометричні індикатори екземпляра ТО з використанням відомостей із таблиці *buildigs* для будівель, що розташовані в межах поточного

ТО. Для перевірки останньої умови використовується функція просторового предикату *ST_Intersects(b.geom,i.geom)* – існування перетину геометрії двох об'єктів – полігону ТО (карталу, району, міста) та полігону будівлі.

Реалізації блоку основного циклу для кварталів містить таку обчислювальну схему:

```

FOR i IN (SELECT gid,geom FROM blocks)
  loop
    pt_area=ST_Area(i.geom);
    if pt_area = 0.0 then pt_area = 1;
    end if;
    ptg_area=pt_area/10000.0;
    -- вибірка та агрегування даних про будівлі,
    -- що перетинаються з територією кварталу
    SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
    SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
    FROM buildings as b
    WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
    -- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних
    -- для кварталу
    UPDATE blocks as b SET b_number=j.pct, t_area=pt_area,
    tb_area=j.pba, kbt=j.pct/ptg_area,sbt=j.pba/pt_area,
    fbt=j.pfa/pt_area,t_volume=j.pv, kt_volume=j.pv/ptg_area
    WHERE b.gid=i.gid;
  END loop;
return 'Done';
  END;

```

Виклик функцій на виконання забезпечується використанням SQL операторів:

SELECT morpho_block();

SELECT morpho_district();

SELECT morpho_city();

Повні тексти функцій подано в додаткуА:

А.3 – *morpho_block()* для кварталів ;

А.4 – *morpho_district()* для адміністративних районів міста;

A.5 – `morpho_city()` для міста в цілому.

3.4 Схеми реалізація прикладних SQL-функції формування стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах окремих територій міста

3.4.1 Загальна характеристика функцій групи стандартної статистики

До цієї групи належать прикладні SQL-функції, що обчислюють показники стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах територій зон найближчого сусідства навколо будинків (функція *mr_stat_zone*) та в межах структурно-планувальних територій міста таких як: квартали – функція *mr_stat_block*; адміністративні райони міста – функція *mr_stat_district*; місто – функція *mr_stat_city*.

До показників стандартної статистики належать:

mr_min double precision – мінімальне значення індикатора;

mr_max double precision – максимальне значення індикатора;

mr_mean double precision – середнє значення індикатора;

mr_stdev double precision – стандартне відхилення;

mr_var_k double precision – коефіцієнт варіації= stdev/mean ;

mr_dsp_i double precision – індекс дисперсії= $\text{stdev}^2/\text{mean}$.

Дані показників стандартної статистики зберігаються у таблицях БД відповідно до класу територіального об'єкта, а саме:

mrp_st_zones – для зон найближчого сусідства навколо будівель;

mrp_st_blocks – для кварталів;

mrp_st_districts – для адміністративних районів міста;

mrp_st_city – для території міста в цілому;

Логічні схеми таблиць подано у п. 3.2.5.

Кожному морфометричному індикатору будівлі в цих таблицях відповідає рядок (запис) з набором шести показників стандартної статистики, який

ідентифіковано кодом екземпляром територіальної одиниці та кодом морфометричного індикатора будинку згідно із переліком, що наведено нижче:

Код індикатора	Назва морфометричного індикатора будівлі
1	Кількість поверхів
2	Висота будівлі
3	Периметр контура будівлі в плані
4	Площа будівлі
5	Об'єм будівлі
6	Загальна площа поверхів будівлі
7	Площа стін будівлі
8	Компактність форми контура будівлі
9	Площа мінімального охоплюючого прямокутника
10	Показник прямокутності форми контура будівлі

Усі функції цієї групи мають однакову схему обчислення шести показників стандартної статистики для десяти приведених вище морфометричних індикаторів будинків в межах територіальної одиниці.

Відмінність окремих функцій полягає в тому, що основний цикл в них реалізується для різних класів територіальних одиниць, а результати записуються у окрему таблицю показників стандартної статистики для кожного класу об'єктів, а саме:

Назва функції	Таблиця класу ТО, що використовується в основному циклі функції обчислення показників стандартної статистики будівель в межах ТО	Таблиця БГД для зберігання обчислених функцією наборів показників стандартної статистики будівель в межах ТО
mr_stat_zone	buildings	mrp_st_zones
mr_stat_block	blocks	mrp_st_blocks
mr_stat_district	districts	mrp_st_districts
mr_stat_city	city	mrp_stat_city

3.4.2 Схеми реалізації функцій для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах планувальних територій

Схеми функцій `mr_stat_block()`, `mr_stat_district()`, `mr_stat_city()` мають загальну структуру усіх блоків, зміст яких розглядається нижче на прикладі функції `mr_stat_block()` для обчислення показників стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах кварталу.

Блок оголошення функції та її глобальних змінних має таку схему:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_block()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  i record; -- структура для вхідних даних поточного кварталу
  j record; -- структура для стандартної статистики поточного індикатора
```

Блок ініціалізації таблиці для зберігання стандартної статистики класу об'єктів:

```
DELETE FROM mrp_st_blocks;
```

Блок основного циклу за кількістю записів у вхідній таблиці класу об'єктів, тіло якого містить блоки для обчислення показників стандартної статистики на основі агрегування даних із таблиці *buildings* для будівель, які містяться в межах полігону поточного екземпляра кварталу. Для перевірки останньої умови використовується функція просторового предикату `ST_Intersects(b.geom,i.geom)` – існування перетину геометрії двох об'єктів – полігону ТО (кварталу, району, міста) та полігону будівлі.

Схема початку циклу

```
FOR i IN (SELECT gid, to_id, geom FROM blocks)
  loop
```

Схема блоку обчислення і запису в базу даних показників стандартної статистики для морфометричного індикатора будівель, наприклад, поверховість будівель (код індикатора 1) має таку структуру:

```

SELECT MIN(b.floor_num)as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 1, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

Тіло основного циклу функцій цієї групи містить 10 блоків з такою схемою для обчислювання і запису в базу даних показників стандартної статистики для усіх морфометричних індикаторів будівель.

Виклик функцій на виконання забезпечується використанням SQL операторів: `mr_stat_block()`, `mr_stat_district()`, `mr_stat_city()`

```
SELECT mr_stat_block();
```

```
SELECT mr_stat_district();
```

```
SELECT mr_stat_city();
```

Повні тексти функцій подано в Додатку А:

A.7 – `mr_stat_block()` для кварталів ;

A.8 – `mr_stat_district()` для адміністративних районів міста;

A.9 – `mr_stat_city()` для міста в цілому.

3.4.3 Схеми реалізації функцій `mr_stat_zone` для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства

Особливість схеми реалізації функції `mr_stat_zone()` полягає в тому, що геометричні елементи меж зон найближчого сусідства визначаються динамічно у вложеному циклі з трьома кроками (буферами) для кожного будинку.

Таким чином, схема функції `mr_stat_zone()` має два цикли – основний за кількістю записів в таблиці будівель *buildings* та внутрішній для побудови трьох буферних зон радіусом 25, 50 та 100 м та обчислення показників стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах кожної зони. Для

побудови зон застосовується функція із бібліотеки PostGIS *ST_Buffer* (*geom: geometry, R: double precision*).

Блок оголошення функції *mr_stat_zone()* та її глобальних змінних має таку схему:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_zone()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
k integer; -- номер зони для циклу по зонах
rbuf double precision; -- радіус буфера
gmz geometry; -- змінна для геометрії зони
i record; -- оперативні дані поточного будинку
j record; -- структура для агрегованих даних забудови зони
```

Блок ініціалізації таблиці для зберігання стандартної статистики для зон:

```
DELETE FROM mrp_st_zones;
```

Для ідентифікації записів наборів показників стандартної статистики морфометричних індикаторів будівель в межах кожної зони використовується такий піднабір атрибутів:

gid serial – системний ідентифікатор запису;

bud_id integer – ідентифікатор будівлі;

zone_cod integer – код зони [1; 2; 3] (відповідно для R=25, 50 або 100 м);

mr_cod integer – код морфометричного індикатора будівлі.

Блок основного циклу за кількістю записів у таблиці *buildings* з вкладеним циклом для побудови й статистичного аналізу зон трьох радіусів визначених радіусів має таку схему реалізації:

```
FOR i IN (SELECT gid, sid, geom FROM buildings)
  loop
-- цикл по зонах
  FOR k in 1..3
  LOOP
  IF k=1 then rbuf=25.0;
    elsif k=2 then rbuf=50.0;
    else rbuf=100.0;
  end if;
```

```
gmz=ST_Buffer(i.geom,rbuf);
```

Блоки обчислення та запису показників стандартної статистики для морфометричних індикаторів будівель в межах зон реалізовані за схемою, що є загальною для усіх статистичних функцій для планувальних об'єктів території міста, наприклад для набору показників стандартної статистики морфометричного індикатора з кодом 1 (поверховість будівель) реалізується блок із такою типовою структурою:

```
SELECT MIN(b.floor_num)as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid,k,1, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);
```

Тіло циклу зон в цій функції містить 10 блоків з такою схемою для обчислювання і запису в базу даних показників стандартної статистики для усіх морфометричних індикаторів будівель.

Виклик функції на виконання забезпечується використанням SQL оператором:

```
SELECT mr_stat_zone();
```

Повні тексти функцій подано в Додатку А.6.

3.5. Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій

Реалізовано тематичні карти, гістограми та запити до бази геопросторових даних морфометричних характеристик міської забудови, які направлені на вирішення питань у різноманітних сферах, наприклад: територіального планування, енергозбереження, міської зеленої енергетики, містобудівного кадастру, оцінювання матеріальних втрат внаслідок стихійних лих та воєнних дій, автоматизованої ідентифікації будівель за просторовими властивостями.

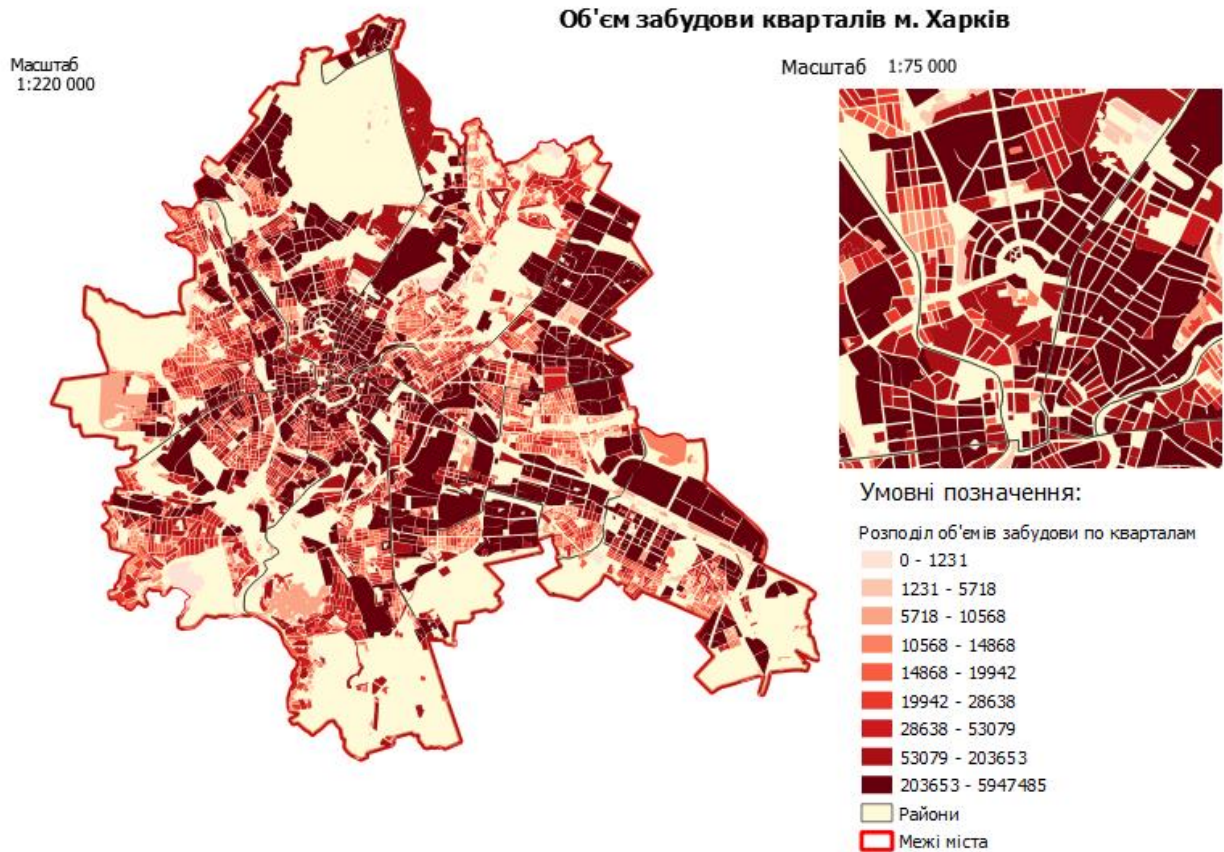


Рис. 3.6. Тематична карта розподілу кварталів м. Харків за сумарним об'ємом будівель

Редактирование данных - PostGIS (localhost:5432) - morpho_test - buildings

Файл Правка Вид Инструменты ?

Не ограничено

	gid [PK]	serial	sid num	ty in	f_stat	inte	floor_num	hg	perim	area	volume	floor_area	wall_area	compactnes	mbr_area	box_nes	geom
							integer	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio	double precisio
1	1	1					1	3	76.80789933	368.3594300	1105.078290	368.3594300	230.4236980	0.784638983	607.5691713	0.606283938	010600
2	2	2					1	3	411.7407929	5967.945138	17903.83541	5967.945138	1235.222378	0.442371248	17061.32177	0.349793832	010600
3	3	3					1	3	386.1494964	8949.138564	26847.41569	8949.138564	1158.448489	0.754188925	16046.94187	0.557684986	010600
4	4	4					1	3	334.9641400	3904.141578	11712.42473	3904.141578	1004.892420	0.437259034	10867.21613	0.359258666	010600
5	5	5					1	3	208.1269542	2064.987618	6194.962856	2064.987618	624.3808628	0.599060463	4518.837946	0.456973151	010600
6	6	6					1	3	362.1010419	4259.410893	12778.23268	4259.410893	1086.303125	0.408225239	12898.64107	0.330221677	010600
7	7	7					1	3	201.3897597	1739.373755	5218.121265	1739.373755	604.1692792	0.538924601	4290.383445	0.405412191	010600
8	8	8					1	3	98.66582721	523.5205251	1570.561575	523.5205251	295.9974816	0.675787344	1030.397661	0.508076196	010600
9	9	9					1	3	128.6259116	792.0056834	2376.017050	792.0056834	385.8777348	0.601563157	1751.328230	0.452231437	010600
10	10	10					1	3	141.8291203	926.2462433	2778.738730	926.2462433	425.4873611	0.578636072	2040.492748	0.453932631	010600
11	11	11					1	3	195.8806164	1457.323583	4371.970751	1457.323583	587.6418493	0.477290656	3737.460481	0.389923476	010600
12	12	12					1	3	60.27679462	200.9974064	602.9922192	200.9974064	180.8303838	0.695184400	227.6434837	0.882948209	010600
13	13	13					1	3	320.8536449	2916.210426	8748.631280	2916.210426	962.5609348	0.355971122	9799.895531	0.297575664	010600
14	14	14					1	3	181.8783010	1798.301815	5394.905447	1798.301815	545.6349032	0.683141500	3211.855925	0.559894919	010600
15	15	15					1	3	120.3323609	640.0914619	1920.274385	640.0914619	360.9970827	0.555503785	1273.144969	0.502764003	010600
16	16	16					1	3	80.10082676	276.3994050	829.1982151	276.3994050	240.3024802	0.541343554	599.2502215	0.461242057	010600
17	17	17					1	3	53.64300280	175.4210068	526.2630206	175.4210068	160.9290084	0.766064438	286.7425334	0.611771838	010600
18	18	18					1	3	62.83004252	232.9608463	698.8825391	232.9608463	188.4901275	0.741580142	405.3219267	0.574755104	010600
19	19	19					1	3	35.00718667	76.50096972	229.5029091	76.50096972	105.0215600	0.784444790	126.2744037	0.605831169	010600
20	20	20					1	3	144.0781232	891.2885074	2673.865522	891.2885074	432.2343696	0.539550482	1981.261664	0.449859058	010600
21	21	21					1	3	149.6093437	978.9271049	2936.781314	978.9271049	448.8280313	0.549595010	1782.671497	0.549134883	010600

12872 строки.

Рис. 3.7. Екранна форма таблиці *buildnigs* з результатами виконання розробленої прикладної SQL-функції *morpho_build* для обчислення морфометричних індикаторів 12 872 будинків м. Бровари

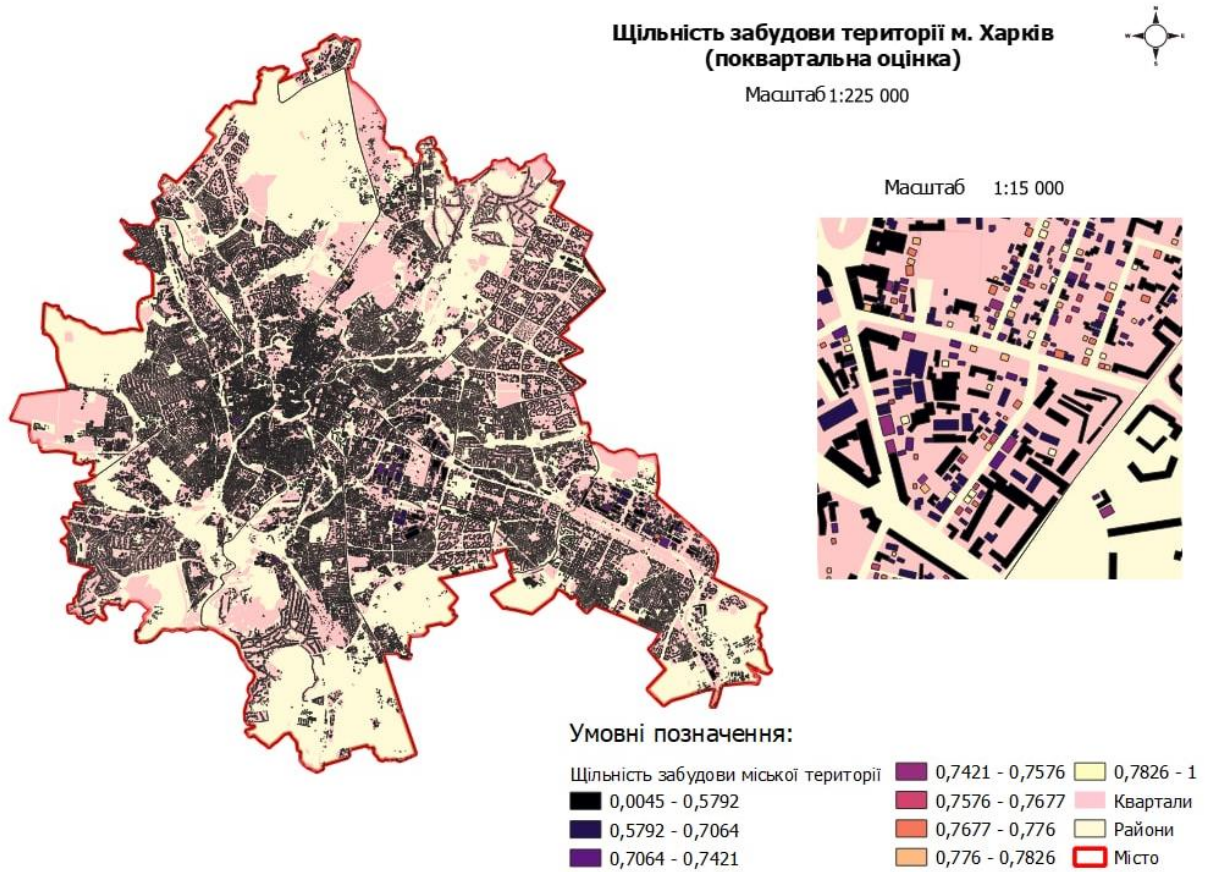


Рис.3.8 Тематична карта щільності забудови міської території в розрізі кварталів м. Харкова

Редактирование данных - PostGIS (localhost:5432) - morpho_test - zones

Файл Правка Вид Инструменты ?

Не ограничено

	gid [PK] serial	bud_id numeric(10,0)	zone_cod numeric(10,0)	m_distance double precision	b_number integer	t_area double precision	tb_area double precision	kbt double precision	sbt double precision	fbt do
1	12873	242	1	0	3	3731.172565	891.9567172	8.040367867	0.239055337	0.
2	12874	242	2	0	8	11138.90377	2261.814057	7.182035287	0.203055354	0.
3	12875	242	3	0	23	37659.93710	6258.238197	6.107285823	0.166177606	0.
4	12876	6647	1	10.60414267	4	3410.134209	3821.568711	11.72974362	1.120650530	1.
5	12877	6647	2	10.60414267	11	10582.00365	5586.913249	10.39500680	0.527963647	0.
6	12878	6647	3	10.60414267	21	36631.15500	20040.01890	5.732824967	0.547075812	0.
7	12879	6648	1	9.856263724	5	4081.719979	3492.676215	12.24973791	0.855687365	0.
8	12880	6648	2	9.856263724	6	11847.26475	5828.291106	5.064460128	0.491952465	0.
9	12881	6648	3	9.856263724	12	39083.77000	8231.719611	3.070328169	0.210617338	0.
10	12882	8160	1	15.70025858	3	4753.096459	963.3411764	6.311674979	0.202676546	0.
11	12883	8160	2	15.70025858	10	12898.48844	2427.251970	7.752846423	0.188181117	0.
12	12884	8160	3	15.70025858	35	40894.69156	13432.16964	8.558568035	0.328457536	0.
13	12885	11258	1	0.866429486	10	8288.767774	2980.279406	12.06451944	0.359556388	0.
14	12886	11258	2	0.866429486	13	19109.79010	3502.199810	6.802795806	0.183267309	0.
15	12887	11258	3	0.866429486	25	52457.25307	4910.786532	4.765785193	0.093615014	0.
16	12888	1	1		1	4239.459953	368.3594300	2.358791004	0.086888290	0.

38616 строк.

Рис. 3. 9. Екранна форма таблиці *zones* з результатами виконання розробленої прикладної SQL-функції *morpho_zone* для обчислення морфометричних індикаторів забудови в зонах сусідства радіусами 25, 50 та 100 м навколо будівель м. Бровари (38 616 зон)



Рис.3.9. Гістограма розподілу коефіцієнта забудови

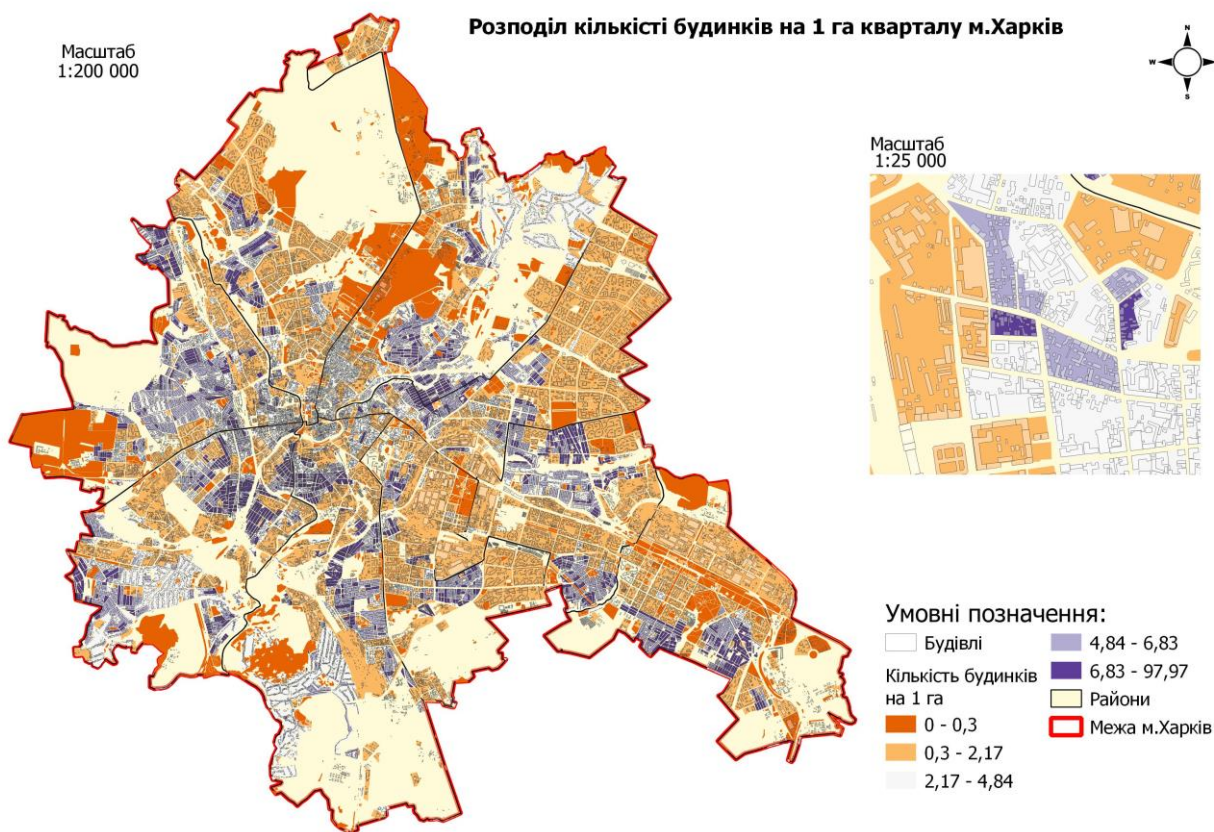


Рис. 3.10 Тематична карта розподілу кварталів м. Харків за загальною кількістю будівель в їх межах

Створена тематична карта необхідна при обрахунках містобудівних обмежень, при проектуванні нових структурно-територіальних одиниць та статистичних розрахунках кількісного складу кварталів.

	gid (PK)	serial	bud_id integer	zone_cod integer	mr_cod integer	mr_min double precisio	mr_max double precisio	mr_mean double precisio	mr_stdev double precisio	mr_var_k double precisio	mr_dsp_i double precisio
10	10	9	1	10	1751.328230	1751.328230	1751.328230				
11	11	9	1	11	0.452231437	0.452231437	0.452231437				
12	12	9	2	1	1	1	1	0	0	0	
13	13	9	2	2	3	3	3	0	0	0	
14	14	9	2	3	98.66582721	128.6259116	113.6458694	21.18497885	0.186412220	3.949138947	
15	15	9	2	4	98.66582721	128.6259116	113.6458694	21.18497885	0.186412220	3.949138947	
16	16	9	2	5	523.5205251	792.0056834	657.7631043	189.8476760	0.288626216	54.79501644	
17	17	9	2	6	1570.561575	2376.017050	1973.289312	569.5430282	0.288626216	164.3850493	
18	18	9	2	7	523.5205251	792.0056834	657.7631043	189.8476760	0.288626216	54.79501644	
19	19	9	2	8	295.9974816	385.8777348	340.9376082	63.55493656	0.186412220	11.84741684	
20	20	9	2	9	0.601563157	0.675787344	0.638675251	0.052484425	0.082177015	0.004313013	
21	21	9	2	10	1030.397661	1751.328230	1390.862945	509.7748938	0.366516985	186.8411572	
22	22	9	2	11	0.452231437	0.508076196	0.480153817	0.039488207	0.082240745	0.003247539	
23	23	9	3	1	1	1	1	0	0	0	
24	24	9	3	2	3	3	3	0	0	0	
25	25	9	3	3	98.66582721	371.3682949	226.9842933	121.7389695	0.536332130	65.29252084	
26	26	9	3	4	98.66582721	371.3682949	226.9842933	121.7389695	0.536332130	65.29252084	
27	27	9	3	5	523.5205251	4679.728668	2347.154928	1890.113509	0.805278546	1522.067859	
28	28	9	3	6	1570.561575	14039.18600	7041.464784	5670.340527	0.805278546	4566.203578	
29	29	9	3	7	523.5205251	4679.728668	2347.154928	1890.113509	0.805278546	1522.067859	
30	30	9	3	8	295.9974816	1114.104884	680.9528801	365.2169086	0.536332130	195.8775625	
31	31	9	3	9	0.426403626	0.675787344	0.538209930	0.104299309	0.193789270	0.020212087	

Рис. 3. 5. Екранна форма таблиці *mr_st_zones* з результатами виконання розробленої прикладної SQL-функції *mr_stat_zoneo*

Виконаний запит створений для обчислення стандартної статистики для морфометричних індикаторів будівель в межах зон сусідства радіусами 25, 50 та 100 м навколо будівель м. Броварів (424 776 записів для 38 616 зон). Для міста таких масштабів час виконання запиту є величезним, адже необхідно обробити набір даних, який налічує тисячі записів при цьому побудувати три буферні зони. Даний запит корисно виконувати для відділів, які займаються містобудівною документацією для знаходження більш вузько направлених задач планування території.

У гістограмі (рис.3.1) використано сумарний об'єм будівель на 1 га для створення графічного подання кількості кубометрів заведеної території по районам, що дозволяє провести оцінку рівня життя у районах де коефіцієнт забудови перевищує норми комфортного проживання.

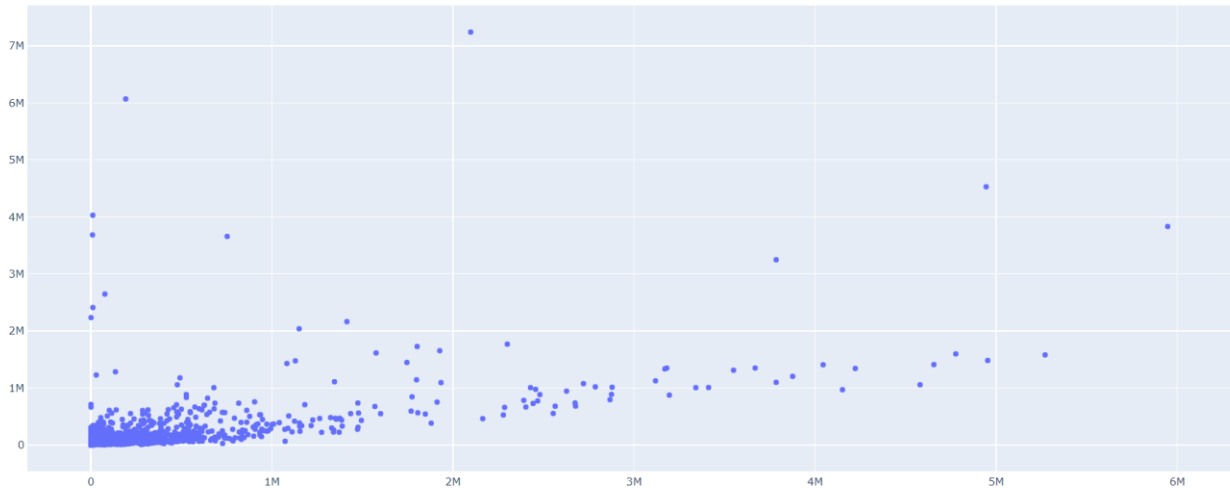


Рис.3.11. Діаграма розсіювання сумарного об'єму будівель на 1 га

Редактирование данных - PostGIS (localhost:5432) - morpho_test - blocks

Файл Правка Вид Инструменты ?

Не ограничено

	gid [PK] serial	to_id numeric(10,0)	b_number integer	t_area double precisio	tb_area double precisio	kbt double precisio	sbt double precisio	fbt double precisio	t_volume double precisio	kt_volume double precisio	geom geometry(Mult)
8	8	8	13	25475.47949	3694.571637	5.102946150	0.145024616	0.145024616	11083.71491	4350.738487	01060000204
9	9	9	11	16323.68207	2161.825578	6.738675715	0.132434923	0.132434923	6485.476736	3973.047690	01060000204
10	10	10	26	60630.93325	5948.615366	4.288240112	0.098111888	0.098111888	17845.84610	2943.356657	01060000204
11	11	11	45	117485.7295	10721.82621	3.830252419	0.091260668	0.091260668	32165.47863	2737.820052	01060000204
12	12	12	16	108931.2658	4104.674669	1.468816126	0.037681327	0.037681327	12314.02400	1130.439815	01060000204
13	13	13	24	39222.66902	5103.903681	6.118910465	0.130126373	0.130126373	15311.71104	3903.791206	01060000204
14	14	14	18	40222.48672	5210.804458	4.475108693	0.129549535	0.129549535	15632.41337	3886.486055	01060000204
15	15	15	51	88632.80145	10671.77331	5.754077402	0.120404332	0.120404332	32015.31993	3612.129979	01060000204
16	16	16	27	64222.73979	5624.579781	4.204118367	0.087579256	0.087579256	16873.73934	2627.377685	01060000204
17	17	17	45	96058.96691	10608.34472	4.684622523	0.110435756	0.110435756	31825.03418	3313.072709	01060000204
18	18	18	23	34215.53137	4539.377087	6.722093469	0.132670074	0.132670074	13618.13126	3980.102227	01060000204
19	19	19	29	52012.39273	7441.203415	5.575594290	0.143065969	0.143065969	22323.61024	4291.979097	01060000204
20	20	20	18	41494.83512	3622.245296	4.337889269	0.087293883	0.087293883	10866.73588	2618.816500	01060000204
21	21	21	11	25079.39859	2699.775603	4.386070087	0.107649136	0.107649136	8099.326809	3229.474095	01060000204
22	22	22	46	102152.5297	14188.12813	4.503070076	0.138891598	0.138891598	42564.38440	4166.747950	01060000204
23	23	23	20	26408.99573	4218.155065	7.573177033	0.159724175	0.159724175	12654.46519	4791.725259	01060000204
24	24	24	20	27172.38658	4126.985414	7.360413462	0.151881595	0.151881595	12380.95624	4556.447851	01060000204
25	25	25	108	387004.9037	22958.94117	2.790662313	0.059324677	0.059324677	68876.82351	1779.740330	01060000204
26	26	26	50	131191.6585	22849.82909	3.811217921	0.174171356	0.174171356	68549.48727	5225.140687	01060000204
27	27	27	43	81602.96006	8859.324192	5.269416693	0.108566211	0.108566211	26577.97257	3256.986334	01060000204
28	28	28	49	100027.6871	15459.50772	4.898643704	0.154552286	0.154552286	46378.52317	4636.568583	01060000204
29	29	29	132	296736.8898	28706.88224	4.448385236	0.096741872	0.096741872	86120.64673	2902.256162	01060000204

439 строк.

Рис. 3. 12. Экранна форма таблиці *blocks* з морфометричними характеристиками забудови кварталів

Результатами виконання розробленої прикладної SQL-функції *morpho_block* є обчислення стандартної статистики для морфометричних індикаторів будівель в межах 439 кварталів м. Бровари.

Редактирование данных - PostGIS (localhost:5432) - morpho_test - mrp_st_blocks

Файл Правка Вид Инструменты ?

Не ограничено

	gid [PK] serial	blc_id integer	mr_cod integer	mr_min double precisio	mr_max double precisio	mr_mean double precisio	mr_stdev double precisio	mr_var_k double precisio	mr_dsp_i double precisio
204	2040	290	9	0.229730100	0.704933337	0.430217347	0.147030360	0.020070000	0.040344327
285	2041	290	10	195.9164438	27236.40700	7767.054132	6594.720933	0.849063341	5599.335791
286	2042	290	11	0.155375957	0.544694853	0.338338739	0.100671372	0.297546099	0.029954374
287	2043	12	1	1	1	1	0	0	0
288	2044	12	2	3	3	3	0	0	0
289	2045	12	3	24.14576857	212.9385577	59.42254439	52.35016960	0.880981623	46.11953738
290	2046	12	4	24.14576857	212.9385577	59.42254439	52.35016960	0.880981623	46.11953738
291	2047	12	5	36.15246271	1112.812268	256.5421668	367.6790535	1.433210992	526.9616611
292	2048	12	6	108.4573881	3338.436806	769.6265004	1103.037160	1.433210992	1580.884983
293	2049	12	7	36.15246271	1112.812268	256.5421668	367.6790535	1.433210992	526.9616611
294	2050	12	8	72.43730573	638.8156732	178.2676331	157.0505088	0.880981623	138.3586121
295	2051	12	9	0.308406237	0.785326508	0.716271240	0.116650838	0.162858470	0.018997577
296	2052	12	10	49.46135461	4028.530804	564.0546023	1060.043685	1.879328138	1992.169926
297	2053	12	11	0.276232781	0.941119132	0.635134364	0.157378108	0.247787109	0.038996266
298	2054	214	1	1	1	1	0	0	0
299	2055	214	2	3	3	3	0	0	0

4829 строк.

Рис. 3. 13. Экранна форма таблиці *mrp_st_blocks* із показниками стандартної статистики морфологічних індикаторів будівель в межах кварталу

Результатами виконання розробленої SQL-функції *mr_stat_block* є обчислення стандартної статистики для морфометричних індикаторів будівель в межах кварталів м. Бровари (4 829 записів для 439 кварталів)

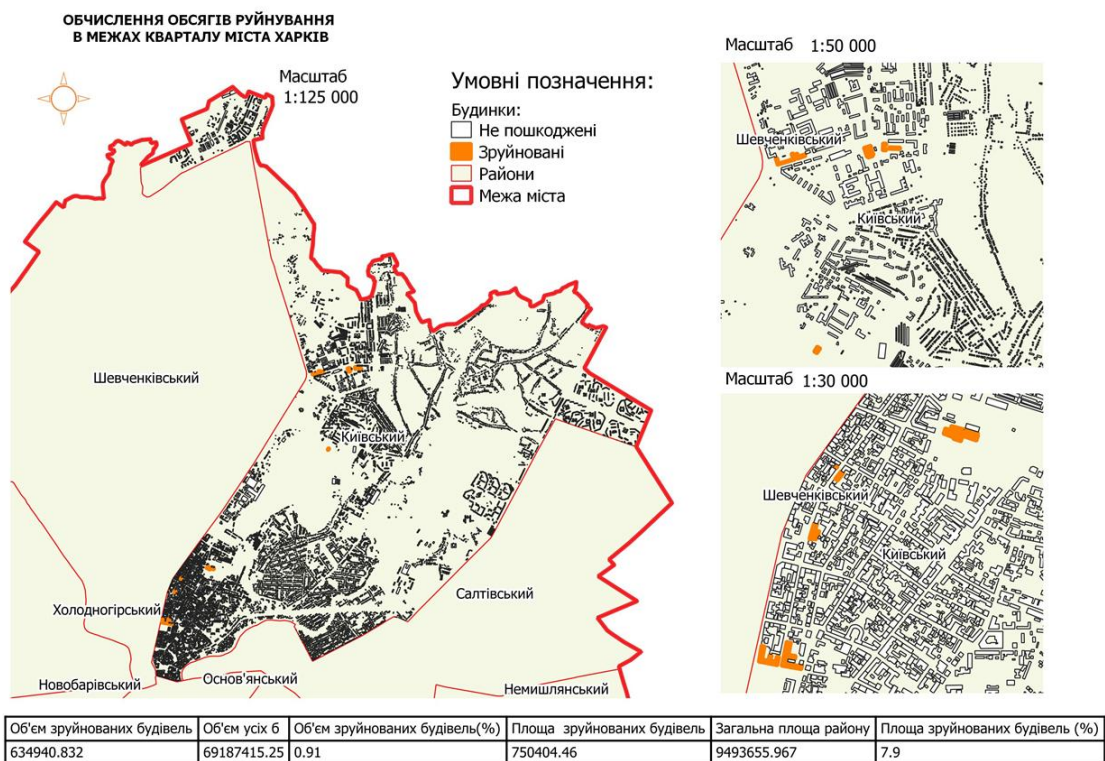


Рис.3.14 Тематична карта обчислення обсягів руйнування будівель в наслідок воєнних дій м. Харків

Висновки до розділу 3

Реалізовано прикладні SQL-функції, за допомогою яких створено різноманітні карти коефіцієнтів та індикаторів міської забудови, які необхідні при вирішенні дослідницьких задач щодо планування територій, визначення рівня задовільності міської території для життєдіяльності населення, оцінювання матеріальних втрат внаслідок стихійних лих та воєнних дій, в тому числі розрахунків об'ємів пошкоджених територій, автоматизованої ідентифікації будівель за просторовими властивостями з метою дослідження на коефіцієнти варіації, дисперсії, компактності, щільності міської забудови.

На прикладі території м. Бровари обчислено стандартну статистику для морфометричних індикаторів будівель в межах кварталів, обчислено морфометричні індикатори забудови в зонах сусідства радіусами 25, 50 та 100 м навколо будівель. На прикладі м. Харків обчислено морфометричні індикаторів будинків, кварталів, районів на міста. Також обчислено морфометричні індикатори забудови в зонах сусідства радіусами 25, 50 та 100 м навколо будівель.

Побудовано гістограми розподілу морфометричних індикаторів для планувальних територій міста для проведення статистичного аналізу та використання його результатів при розробленні містобудівної документації розвитку території.

ВИСНОВКИ

В роботі виконано узагальнення та практичне вирішення прикладної задачі з удосконалення технології геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови, зокрема:

1) на основі аналізу останніх публікацій встановлено, що із зростанням числа доступних джерел цифрових даних про будівлі на територію великих міст підвищується інтерес до різноманітних морфометричних характеристик міської забудови в багатьох сферах діяльності, зокрема в сфері просторового планування, енергозбереження, зеленої міської енергетики, ліквідації наслідків стихійних лих і воєнних дій. Започаткована ініціатива по створенню глобальної бази даних морфометричних індикаторів будівель з використанням даних OpenStreet Map, з метою їх багатоцільового використання. Зростання сфер застосування морфометричних індикаторів будівель потребує перед усім підвищення якості даних та забезпечення доступності до них широкого кола зацікавлених суб'єктів у виробничій, проєктній та академічній сферах.

2) обґрунтовано склад системи морфометричних індикаторів будинків та морфометричних індикаторів забудови території міста з урахуванням їх багатоцільового використання.

3) розроблено компоненти методичного забезпечення системи геоінформаційного моделювання морфометричних індикаторів міської забудови, а саме структурно-функціональну модель системи; концептуальну модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних за вимогами національного стандарту ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних; схеми алгоритмів формування морфометричних індикаторів будівель та забудованих територій міста;

4) в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS на мові програмування PL/pgSQL реалізовано набір прикладних програмних SQL-функцій геоінформаційного моделювання морфометричних індикаторів будівель та забудованих територій міста, що

відкриває можливості широкого використання їх в поєднанні із засобами різними інструментальних ГІС;

5) коректність роботи розроблених SQL-функцій підтверджено результатами обчислювального експерименту з геоінформаційного моделювання морфометричних індикаторів будівель та забудованих територій міст з використанням реальних наборів даних на території міст Харків та Бровари; опрацьовано практичну методику тематичного картографування і статистичного аналізу результатів моделювання в середовищі СКБД PostgreSQL та геоінформаційної системи QGIS.

б) подальші дослідження пов'зані з докладним аналізом вимог та інтересу до використання морфометричних характеристик міської забудови в різних сферах і створенням банку даних таких характеристик для міст України, наприклад, в складі системи містобудівного кадастру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів.
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1359-14#Text>
2. ДСТУ ISO 19101:2009 "Географічна інформація/геоматика: Географічна інформація – еталонна модель. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 37с.
3. ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних. Чинний з 01.07.2019 р.
4. Лященко А. А., Рунець Р.М. Онтологічний підхід до створення каталогу бази топографічних даних // Інж. геодез. – 2008. Вип. 54. – С. 116 – 123.
5. М'якшило О.М. МОДЕЛЮВАННЯ БАЗ ДАНИХ ЗАСОБАМИ CASE - ТЕХНОЛОГІЇ ERWin: Конспект лекцій з дисципліни "Структурне моделювання систем" для студ. спец 6.080400 «Інформаційні управляючі системи та технології» напряму 0804 "Комп'ютерні науки" всіх форм навчання – К.: НУХТ, 2008 — 60 с.
6. Стратегія сталого розвитку / Ф. В. Стольберг, О. Ю. Чернікова; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 91 с.
7. Н. В. Павліха, М. В. Войчук Концептуальні засади управління сталим розвитком міста в умовах європейської інтеграції та реалізації реформи децентралізації
8. Геоінформаційні технології як стратегічний вектор оптимізації містобудування міських агломерацій Малащук О.С., Булишева Д.В.
9. Мозговий А. А. Сталий розвиток міст: передумови та суперечності [Електронний ресурс] / А.А. Мозговий. – Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/148166/58-61.pdf?sequence=1>.
10. Основи теорії морфології міста. Режим доступу: <https://ena.lpnu.ua/items/be502415-e7e3-453a-a828-a6426fd74b70>
11. Urban performance measures. Режим доступу: <https://morphocode.com/urban-performance-measures/>

12. Urban Morphometrics + Earth Observation Режим доступа: <https://projections.pubpub.org/pub/vfwe0fdj/release/1>
13. On the origin of spaces: Morphometric foundations of urban form evolution. Режим доступа: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2399808317725075#bibr52399808317725075>
14. Whitehand JWR, Gu K, Conzen MP, et al.(2014) The typological process and the morphological period: A cross-cultural assessment. *Environment and Planning B: Planning and Design* 41(3): 512–533.
15. Zhang, Z., Qian, Z., Zhong, T., Chen, M., Zhang, K., Yang, Y., ... Yan, J. (2022). Vectorized rooftop area data for 90 cities in China. *Scientific Data*, <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01168-x>
16. Kraff, N. J., Wurm, M., & Taubenbock, H. (2020). The dynamics of poor urban areas - analyzing morphologic transformations across the globe using earth observation data. *Cities*, 107, Article 102905. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102905>
17. Angel, S., Parent, J., & Civco, D. L. (2010). Ten compactness properties of circles: Measuring shape in geography. *The Canadian Geographer*, 54, 441–461. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2009.00304>
18. Golan A (1998) Jewish nationalism, European colonialism and modernity: The origins of the Israeli public housing system. *Housing Studies* 13(4): 487–505. Crossref.
19. Carmon N (1998) Immigrants as carriers of urban regeneration: International evidence and an Israeli case study. *International Planning Studies* 3(2): 207–225. Crossref.
20. Scanlon K, Fernández AM, Whitehead CM (2015) Social housing in Europe. *European Policy Analysis* 17: 1–12.
21. Morano P, Tajani F (2017) The break-even analysis applied to urban renewal investments: A model to evaluate the share of social housing financially sustainable for private investors. *Habitat International* 59: 10–20. Crossref.

22. Huber FJ (2011) Chapter 10 – Sensitive urban renewal or gentrification? The case of the Karmeliterviertel in Vienna. In: Camilla P, Gabriele M, Lorenzo T (eds) *Everyday Life in the Segmented City*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, pp.223–239.
23. Goetz EG (2010) Desegregation in 3D: Displacement, dispersal and development in American public housing. *Housing Studies* 25(2): 137–158. Crossref.
24. Sleifer Y, Golani Y (1973) *Planning and Implementation Activities 1971–1972*. Jerusalem: Tadmor Publication
25. Hashimshoni Z, Yavin S, Yaron M, et al. (1972) *Models of City Development*. Tel Aviv: Building Research Institute and technique
26. Gruber T.R. Toward Principles for the Design of Ontology Used for Knowledge Sharing // *Int. J. of Human-Computer Studies*.-1994.-Vol. 43 (5/6)- P.907-928.

ДОДАТОК А ТЕКСТИ РОЗРОБЛЕНИХ SQL-ФУНКЦІЙ

А.1 Функція `morpho_build` для моделювання морфометричних індикаторів будівель

```
-- функція morpho_build()
-- призначена для обчислення морфометричних індикаторів будинків, що
-- зберігаються в таблиці buildings з контурами в атрибуті geom
-- У функції використовуються первинні значення таких атрибутів:
-- gid : serial - системний ідентифікатор будівлі;
-- floor_numb: integer - кількість поверхів;
-- hg: double precision - висота будівлі.
-- Функція обчислює та оновлює в таблиці buildings такі атрибути:
-- perim double precision - периметр;
-- area double precision - площа;
-- volume double precision - об'єм;
-- floor_area double precision - загальна площа поверхів;
-- wall_area double precision - площа стін;
-- compactnes double precision - компактність форми будівлі;
-- mbr_area double precision - площа охоплюючого прямокутника;
-- bbox_nes double precision індикатор прямокутності форми area/mbr_area;
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_build()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
-- оголошення глобальних змінних для зберігання значень індикаторів,
-- які використовуються для обчислення інших індикаторів
bperim double precision;
barea double precision;
bcompactnes double precision;
bmbr_area double precision;
i record; -- змінна структурованого типу record, в яку читаються
-- із таблиці buildings первинні атрибути будівлі на поточному кроці циклу

BEGIN
--Цикл для обчислення морфометричних індикаторів будинків
FOR i IN (SELECT gid,floor_numb,hg,geom FROM buildings)
loop
  bperim=ST_Perimeter(i.geom);
  barea=ST_Area(i.geom);
  bmbr_area=ST_Area(ST_Envelope(i.geom));
  UPDATE buildings SET perim=bperim,
    area=barea,
```

```

volume=barea*i.hg,
floor_area=barea*i.floor_num,
wall_area=bperim*i.hg,
compactnes=4*PI()*barea/bperim^2,
mbr_area=bmbr_area,
box_nes=barea/bmbr_area
WHERE buildings.gid=i.gid;
end loop;

return 'Done';

END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;

```

A.2 Функція morpho_zone для моделювання морфометричних індикаторів забудови зон найближчого сусідства для будівель

```

-- призначена для обчислення морфометричних індикаторів
-- забудови в зонах найближчого сусідства радіусом 25, 50 та 100 м
-- навколо будинків на основі агрегування даних будинків в межах
-- території певної зони
-- обчислюються та оновлюються такі атрибути в таблиці b_zones:
-- gid serial - системний ідентифікатор зони
-- bud_id integer - ідентифікатор будівлі
-- zone_cod integer - код/номер зони = 1; 2; 3 (для R-25, 50 та 100 м)
-- m_distance double precision - відстань до найближчої будівлі в зоні
-- b_number integer - загальна кількість будинків в межах зони
-- t_area double precision - площа зони
-- tb_area double precision - сумарна площа будинків зони
-- kbt double precision - кількість будинків на 1 га зони
-- sbt double precision - щільність забудови tb_area/t_area
-- fbt=double precision - коефіцієнт забудови сум. площі поверхів/площу зони
-- t_volume double precision - сумарний об'єм будівель м. куб
-- kt_volume double precision - сум. будівель об'єм на 1 га території зони

CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_zone()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
pt_area double precision; -- площа зони
ptg_area double precision;-- площа зони в га
gm1 geometry; -- змінна для геометрії зони1

```

```

gm2 geometry; -- змінна для геометрії зони2
gm3 geometry; -- змінна для геометрії зони2
m_dist1 double precision; -- відстань до найближчої будівлі в зоні1
m_dist2 double precision; -- відстань до найближчої будівлі в зоні2
m_dist3 double precision; -- відстань до найближчої будівлі в зоні3
i record; -- оперативні дані поточного кварталу
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
    BEGIN
-- Чистим вміст таблиці zones
DELETE FROM zones;
-- Цикл по записах таблиці будинків з побудовою трьох зон навколо
-- кожного будинку та обчислення морфометричних характеристик для них

FOR i IN (SELECT gid,sid,geom FROM buildings)
    loop
-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІ ЗОНИ 1 - 25 метрів
gm1=ST_Buffer(i.geom,25.0);
pt_area=ST_Area(gm1);
ptg_area=pt_area/10000.0;
m_dist1=(SELECT min(ST_Distance(i.geom, b.geom))
FROM buildings b
where b.gid<>i.gid and ST_Intersects(b.geom,gm1 ));
-- вибірка та агрегування даних про будівлі,
-- що перетинаються з територією зони 1
SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gm1) INTO j;
-- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних для зони 1
INSERT INTO zones(
    bud_id, zone_cod, m_distance, b_number, t_area, tb_area,
    kbt, sbt, fbt, t_volume, kt_volume)
VALUES ( i.sid, 1, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
        j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 2 - 50 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,50.0);
pt_area=ST_Area(gm1);
ptg_area=pt_area/10000.0;
m_dist1=(SELECT min(ST_Distance(i.geom, b.geom))
FROM buildings b
where b.gid<>i.gid and ST_Intersects(b.geom,gm1 ));
-- вибірка та агрегування даних про будівлі,
-- що перетинаються з територією зони 2
SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv

```

```

FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gm1) INTO j;
-- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних для зони 2
INSERT INTO zones(
    bud_id, zone_cod, m_distance, b_number, t_area, tb_area,
    kbt, sbt, fbt, t_volume, kt_volume)
VALUES ( i.sid, 2, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
        j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 3 - 100 м
    gm1=ST_Buffer(i.geom,100.0);
pt_area=ST_Area(gm1);
ptg_area=pt_area/10000.0;
m_dist1=(SELECT min(ST_Distance(i.geom, b.geom))
FROM buildings b
where b.gid<>i.gid and ST_Intersects(b.geom,gm1 ));
-- вибірка та агрегування даних про будівлі,
-- що перетинаються з територією зони 3
SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gm1) INTO j;
-- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних для зони 2
INSERT INTO zones(
    bud_id, zone_cod, m_distance, b_number, t_area, tb_area,
    kbt, sbt, fbt, t_volume, kt_volume)
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
        j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

END loop;
return 'Done';
    END;
    $BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;

```

A.3 Функція morpho_block для моделювання морфометричних індикаторів забудови території кварталів

```

-- призначена для обчислення морфометричних індикаторів забудови
-- кварталів на основі агрегування даних будинків в межах
-- відповідної території (ТО)
-- обчислюються та оновлюються такі атрибути в таблиці blocks:
-- b_number integer - загальна кількість будинків в межах ТО

```

```
-- t_area double precision - площа ТО
-- tb_area double precision - сумарна площа будинків
-- kbt double precision - кількість будинків на 1 га ТО
-- sbt double precision - щільність забудови tb_area/t_area
-- fbt=double precision - коефіцієнт забудови сум. площі поверхів/площу ТО
-- t_volume double precision - сумарний об'єм будівель м. куб
-- kt_volume double precision - сум. будівель об'єм на 1 га території
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_block()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
pt_area double precision; -- площа кварталу
ptg_area double precision;-- площа кварталу в га
i record; -- оперативні дані поточного кварталу
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
BEGIN
-- Цикл по кварталах для розрахунку морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій
FOR i IN (SELECT gid,geom FROM blocks)
  loop
pt_area=ST_Area(i.geom);
if pt_area = 0.0 then pt_area = 1;
end if;
ptg_area=pt_area/10000.0;
-- вибірка та агрегування даних про будівлі,
-- що перетинаються з територією кварталу
SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
-- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних
-- для кварталу
UPDATE blocks as b SET b_number=j.pct, t_area=pt_area,
tb_area=j.pba, kbt=j.pct/ptg_area,sbt=j.pba/pt_area,
fbt=j.pfa/pt_area,t_volume=j.pv, kt_volume=j.pv/ptg_area
WHERE b.gid=i.gid;
END loop;
return 'Done';
  END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
-- DROP FUNCTION morpho_block()
```


A.4 Функція `morpho_district` для моделювання морфометричних індикаторів забудови території адміністративних районів міста

```
-- призначена для обчислення морфометричних індикаторів забудови
-- районів на основі агрегування даних будинків в межах
-- відповідної території (ТО)
-- обчислюються та оновлюються такі атрибути в таблиці districts:
-- b_number integer - загальна кількість будинків в межах ТО
-- t_area double precision - площа ТО
-- tb_area double precision - сумарна площа будинків
-- kbt double precision - кількість будинків на 1 га ТО
-- sbt double precision - щільність забудови tb_area/t_area
-- fbt=double precision - коефіцієнт забудови сум. площі поверхів/площу ТО
-- t_volume double precision - сумарний об'єм будівель м. куб
-- kt_volume double precision - сум. будівель об'єм на 1 га території
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_district()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  pt_area double precision; -- площа району
  ptg_area double precision; -- площа району в га
  i record; -- оперативні дані поточного району
  j record; -- структура для агрегованих даних забудови
  BEGIN
  -- Цикл по кварталах для розрахунку морфометричних
  -- індикаторів забудови їх територій
  FOR i IN (SELECT gid,geom FROM districts)
  loop
  pt_area=ST_Area(i.geom);
  if pt_area = 0.0 then pt_area = 1;
  end if;
  ptg_area=pt_area/10000.0;
  -- вибірка та агрегування даних про будівлі,
  -- що перетинаються з територією району
  SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
  SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
  FROM buildings as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
  -- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних
  -- для району
  UPDATE districts as b SET b_number=j.pct, t_area=pt_area,
  tb_area=j.pba, kbt=j.pct/ptg_area,sbt=j.pba/pt_area,
  fbt=j.pfa/pt_area,t_volume=j.pv, kt_volume=j.pv/ptg_area
  WHERE b.gid=i.gid;
```

```

END loop;
return 'Done';
    END;
    $BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
-- DROP FUNCTION morpho_district()

```

A.5 Функція morpho_city для моделювання морфометричних індикаторів забудови території районів міста

```

-- призначена для обчислення морфометричних індикаторів забудови
-- міста на основі агрегування даних будинків в межах
-- відповідної території (ТО)
-- обчислюються та оновлюються такі атрибути в таблиці city:
-- b_number integer - загальна кількість будинків в межах ТО
-- t_area double precision - площа ТО
-- tb_area double precision - сумарна площа будинків
-- kbt double precision - кількість будинків на 1 га ТО
-- sbt double precision - щільність забудови tb_area/t_area
-- fbt=double precision - коефіцієнт забудови сум. площі поверхів/площу ТО
-- t_volume double precision - сумарний об'єм будівель м. куб
-- kt_volume double precision - сум. будівель об'єм на 1 га території

```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_city()
    RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
pt_area double precision; -- площа міста
ptg_area double precision;-- площа міста в га
i record; -- оперативні дані поточного міста
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
BEGIN
-- Цикл по містах для розрахунку морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій
FOR i IN (SELECT gid,geom FROM city)
    loop
    pt_area=ST_Area(i.geom);
    if pt_area = 0.0 then pt_area = 1;
    end if;
    ptg_area=pt_area/10000.0;
-- вибірка та агрегування даних про будівлі,
-- що перетинаються з територією міста
SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,

```

```

SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
-- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних
-- для міста
UPDATE city as b SET b_number=j.pct, t_area=pt_area,
tb_area=j.pba, kbt=j.pct/ptg_area,sbt=j.pba/pt_area,
fbt=j.pfa/pt_area,t_volume=j.pv, kt_volume=j.pv/ptg_area
WHERE b.gid=i.gid;
END loop;
return 'Done';
      END;
      $BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
-- DROP FUNCTION morpho_city()

```

A.6 Функція mr_stat_zone для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах зон найближчого сусідства

```

-- призначена для обчислення та зберігання показників
-- стандартної статистики для морфометричних індикаторів
-- будинків в межах ,буферних зон навколо будинків радіусом
-- 25; 50 ТА 100 М
-- обчислюються такі атрибути таблиці mrp_st_zones:
-- gid serial - системний ідентифікатор запису
-- bud_id integer - ідентифікатор будівлі
-- zone_cod integer - код/номер зони = 1; 2; 3 (для R-25, 50 та 100 м)
-- mr_cod integer - код морфометричного індикатора будівлі
-- mr_min double precision - мінімальне значення індикатора
-- mr_max double precision - максимальне значення індикатора
-- mr_mean double precision - середнє значення індикатора
-- mr_stdev double precision - стандартне відхилення
-- mr_var_k double precision - коефіцієнт варіації=stdev/meam
-- mr_dsp_i double precision - індекс дисперсії= stdev**2/meam
--
CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_zone()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
k integer; -- номер зони для циклу по зонах
rbuf double precision; -- радіус буфера
gmz geometry; -- змінна для геометрії зони
i record; -- оперативні дані поточного будинку

```

j record; -- структура для агрегованих даних забудови зони

```

BEGIN
-- Чистим вміст таблиці статистики
DELETE FROM mrp_st_zones;
-- Цикл по будинках для формування буферних зон та
-- розрахунку статистики морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій
FOR i IN (SELECT gid, sid, geom FROM buildings)
  loop
-- цикл по зонах
  FOR k in 1..3
  LOOP
  IF k=1 then rbuf=25.0;
  elsif k=2 then rbuf=50.0;
  else
  rbuf=100.0;
  end if;
  gmz=ST_Buffer(i.geom,rbuf);
-- статистика індикторів будівель для поточної зони
-- СТАТИСТИКА індикатора 1: Кількість поверхів
  SELECT MIN(b.floor_num)as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
  AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num)as m_sdv
  FROM buildings as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
  INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
  mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.sid,k,1, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
  j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 2: Висота будівлі
  SELECT MIN(b.hg)as m_min, MAX(b.hg) as m_max,
  AVG(b.hg) as m_avg, stddev(b.hg)as m_sdv
  FROM buildings as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
  INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
  mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.sid,k, 2, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
  j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 3: Висота будівлі
  SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
  AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
  FROM buildings as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
  INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,

```

```

        mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid, k, 3, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 4: Периметр будівлі
SELECT MIN(b.perim) as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim) as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom, gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id, zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid, k, 4, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 5: Площа будівлі
SELECT MIN(b.area) as m_min, MAX(b.area) as m_max,
AVG(b.area) as m_avg, stddev(b.area) as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom, gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id, zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid, k, 5, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 6: Об'єм будівлі
SELECT MIN(b.volume) as m_min, MAX(b.volume) as m_max,
AVG(b.volume) as m_avg, stddev(b.volume) as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom, gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id, zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid, k, 6, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 7: Площа поверхів загальна будівлі
SELECT MIN(b.floor_area) as m_min, MAX(b.floor_area) as m_max,
AVG(b.floor_area) as m_avg, stddev(b.floor_area) as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom, gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id, zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid, k, 7, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 8: Площа стін будівлі
SELECT MIN(b.wall_area) as m_min, MAX(b.wall_area) as m_max,

```

```

AVG(b.wall_area) as m_avg, stddev(b.wall_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid,k, 8, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 9: Компактність будівлі
SELECT MIN(b.compactnes)as m_min, MAX(b.compactnes) as m_max,
AVG(b.compactnes) as m_avg, stddev(b.compactnes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid,k, 9, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 10: Площа mbr будівлі
SELECT MIN(b.mbr_area)as m_min, MAX(b.mbr_area) as m_max,
AVG(b.mbr_area) as m_avg, stddev(b.mbr_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid,k, 10, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 11: Коефіцієнт прямокутності будівлі
SELECT MIN(b.box_nes)as m_min, MAX(b.box_nes) as m_max,
AVG(b.box_nes) as m_avg, stddev(b.box_nes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id,zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid,k, 11, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

```
END LOOP;
```

```

END loop;
return 'Done';
    END;

```

```
$BODY$
```

```

LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;

```

```
-- DROP FUNCTION morpho_block()
```

A.7 Функція `mr_stat_block` для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах кварталів

```

-- призначена для обчислення та зберігання показників
-- стандартної статистики для морфометричних індикаторів
-- будинків в межах кварталу
-- обчислюються такі атрибути в таблиці
-- mrp_st_blocks:
-- gid serial - системний ідентифікатор запису
-- blc_id integer - ідентифікатор кварталу
-- mr_cod integer - код морфометричного індикатора будівлі
-- mr_min double precision - мінімальне значення індикатора
-- mr_max double precision - максимальне значення індикатора
-- mr_mean double precision - середнє значення індикатора
-- mr_stdev double precision - стандартне відхилення
-- mr_var_k double precision - коефіцієнт варіації=stdev/meam
-- mr_dsp_i double precision - індекс дисперсії= stdev**2/meam
--
CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_block()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
i record; -- оперативні дані поточного кварталу
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
BEGIN
-- Чистим вміст таблиці статистики
DELETE FROM mrp_st_blocks;
-- Цикл по кварталах для розрахунку статистики морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій

FOR i IN (SELECT gid,to_id,geom FROM blocks)
  loop
-- СТАТИСТИКА індикатора 1: Кількість поверхів
SELECT MIN(b.floor_num)as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 1, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 2: Висота будівлі
SELECT MIN(b.hg)as m_min, MAX(b.hg) as m_max,
AVG(b.hg) as m_avg, stddev(b.hg)as m_sdv

```

```

FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 2, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 3: Висота будівлі

```

SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 3, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 4: Периметр будівлі

```

SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 4, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 5: Площа будівлі

```

SELECT MIN(b.area)as m_min, MAX(b.area) as m_max,
AVG(b.area) as m_avg, stddev(b.area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 5, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 6: Об'єм будівлі

```

SELECT MIN(b.volume)as m_min, MAX(b.volume) as m_max,
AVG(b.volume) as m_avg, stddev(b.volume)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 6, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```



```

-- СТАТИСТИКА індикатора 7: Площа поверхів загальна будівлі
SELECT MIN(b.floor_area)as m_min, MAX(b.floor_area) as m_max,
AVG(b.floor_area) as m_avg, stddev(b.floor_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 7, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 8: Площа стін будівлі
SELECT MIN(b.wall_area)as m_min, MAX(b.wall_area) as m_max,
AVG(b.wall_area) as m_avg, stddev(b.wall_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 8, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 9: Компактність будівлі
SELECT MIN(b.compactnes)as m_min, MAX(b.compactnes) as m_max,
AVG(b.compactnes) as m_avg, stddev(b.compactnes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 9, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 10: Площа mbr будівлі
SELECT MIN(b.mbr_area)as m_min, MAX(b.mbr_area) as m_max,
AVG(b.mbr_area) as m_avg, stddev(b.mbr_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 10, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 11: Коефіцієнт прямокутності будівлі
SELECT MIN(b.box_nes)as m_min, MAX(b.box_nes) as m_max,
AVG(b.box_nes) as m_avg, stddev(b.box_nes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;

```

```

INSERT INTO mrp_st_blocks(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
                        mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 11, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);

END loop;
return 'Done';
END;

$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
-- DROP FUNCTION morpho_block()

```

A.8 Функція `mr_stat_district` для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах районів міста

```

-- призначена для обчислення та зберігання показників
-- стандартної статистики для морфометричних індикаторів
-- будинків в межах району
-- обчислюються такі атрибути в таблиці
-- mrp_st_districts:
-- gid serial - системний ідентифікатор запису
-- blc_id integer - ідентифікатор району
-- mr_cod integer - код морфометричного індикатора будівлі
-- mr_min double precision - мінімальне значення індикатора
-- mr_max double precision - максимальне значення індикатора
-- mr_mean double precision - середнє значення індикатора
-- mr_stdev double precision - стандартне відхилення
-- mr_var_k double precision - коефіцієнт варіації=stdev/meam
-- mr_dsp_i double precision - індекс дисперсії= stdev**2/meam
--
CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_district()
RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
i record; -- оперативні дані поточного району
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
BEGIN
-- Чистим вміст таблиці статистики
DELETE FROM mrp_st_districts;
-- Цикл по районах для розрахунку статистики морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій

```

```

FOR i IN (SELECT gid,to_id,geom FROM districts)
  loop
-- СТАТИСТИКА індикатора 1: Кількість поверхів
SELECT MIN(b.floor_num)as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 1, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
      j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 2: Висота будівлі
SELECT MIN(b.hg)as m_min, MAX(b.hg) as m_max,
AVG(b.hg) as m_avg, stddev(b.hg)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 2, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
      j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 3: Висота будівлі
SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 3, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
      j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 4: Периметр будівлі
SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 4, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
      j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 5: Площа будівлі
SELECT MIN(b.area)as m_min, MAX(b.area) as m_max,
AVG(b.area) as m_avg, stddev(b.area)as m_sdv
FROM buildings as b

```

```

WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 5, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 6: Об'єм будівлі

```

SELECT MIN(b.volume)as m_min, MAX(b.volume) as m_max,
AVG(b.volume) as m_avg, stddev(b.volume)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 6, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 7: Площа поверхів загальна будівлі

```

SELECT MIN(b.floor_area)as m_min, MAX(b.floor_area) as m_max,
AVG(b.floor_area) as m_avg, stddev(b.floor_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 7, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 8: Площа стін будівлі

```

SELECT MIN(b.wall_area)as m_min, MAX(b.wall_area) as m_max,
AVG(b.wall_area) as m_avg, stddev(b.wall_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 8, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 9: Компактність будівлі

```

SELECT MIN(b.compactnes)as m_min, MAX(b.compactnes) as m_max,
AVG(b.compactnes) as m_avg, stddev(b.compactnes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 9, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 10: Площа mbr будівлі
SELECT MIN(b.mbr_area)as m_min, MAX(b.mbr_area) as m_max,
AVG(b.mbr_area) as m_avg, stddev(b.mbr_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 10, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 11: Коефіцієнт прямокутності будівлі
SELECT MIN(b.box_nes)as m_min, MAX(b.box_nes) as m_max,
AVG(b.box_nes) as m_avg, stddev(b.box_nes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_districts(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
        mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 11, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
        j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

END loop;
return 'Done';
END;

$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
-- DROP FUNCTION mr_stat_district()

```

А.9 Функція mr_stat_city для стандартної статистики морфометричних індикаторів будинків в межах міста

```

-- призначена для обчислення та зберігання показників
-- стандартної статистики для морфометричних індикаторів
-- будинків в межах міста
-- обчислюються такі атрибути в таблиці
-- mrp_st_city:
-- gid serial - системний ідентифікатор запису
-- blc_id integer - ідентифікатор міста
-- mr_cod integer - код морфометричного індикатора будівлі
-- mr_min double precision - мінімальне значення індикатора
-- mr_max double precision - максимальне значення індикатора
-- mr_mean double precision - середнє значення індикатора
-- mr_stdev double precision - стандартне відхилення

```

```

-- mr_var_k double precision - коефіцієнт варіації=stdev/meam
-- mr_dsp_i double precision - індекс дисперсії= stdev**2/meam
--
CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_city()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
i record; -- оперативні дані поточного міста
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
BEGIN
-- Чистим вміст таблиці статистики
DELETE FROM mrp_st_city;
-- Цикл по районах для розрахунку статистики морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій

FOR i IN (SELECT gid,to_id,geom FROM city)
  loop
-- СТАТИСТИКА індикатора 1: Кількість поверхів
SELECT MIN(b.floor_num)as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
                      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 1, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
           j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 2: Висота будівлі
SELECT MIN(b.hg)as m_min, MAX(b.hg) as m_max,
AVG(b.hg) as m_avg, stddev(b.hg)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city( blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
                      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 2, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
           j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 3: Висота будівлі
SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
                      mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
  VALUES ( i.to_id, 3, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
           j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

```

```

-- СТАТИСТИКА індикатора 4: Периметр будівлі
SELECT MIN(b.perim)as m_min, MAX(b.perim) as m_max,
AVG(b.perim) as m_avg, stddev(b.perim)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 4, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 5: Площа будівлі
SELECT MIN(b.area)as m_min, MAX(b.area) as m_max,
AVG(b.area) as m_avg, stddev(b.area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 5, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 6: Об'єм будівлі
SELECT MIN(b.volume)as m_min, MAX(b.volume) as m_max,
AVG(b.volume) as m_avg, stddev(b.volume)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 6, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 7: Площа поверхів загальна будівлі
SELECT MIN(b.floor_area)as m_min, MAX(b.floor_area) as m_max,
AVG(b.floor_area) as m_avg, stddev(b.floor_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blc_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 7, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 8: Площа стін будівлі
SELECT MIN(b.wall_area)as m_min, MAX(b.wall_area) as m_max,
AVG(b.wall_area) as m_avg, stddev(b.wall_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;

```

```

INSERT INTO mrp_st_city(blk_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 8, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 9: Компактність будівлі
SELECT MIN(b.compactnes)as m_min, MAX(b.compactnes) as m_max,
AVG(b.compactnes) as m_avg, stddev(b.compactnes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blk_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 9, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 10: Площа mbr будівлі
SELECT MIN(b.mbr_area)as m_min, MAX(b.mbr_area) as m_max,
AVG(b.mbr_area) as m_avg, stddev(b.mbr_area)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blk_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 10, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

-- СТАТИСТИКА індикатора 11: Коефіцієнт прямокутності будівлі
SELECT MIN(b.box_nes)as m_min, MAX(b.box_nes) as m_max,
AVG(b.box_nes) as m_avg, stddev(b.box_nes)as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_city(blk_id, mr_cod, mr_min, mr_max,
    mr_mean, mr_stdev,mr_var_k,mr_dsp_i)
VALUES ( i.to_id, 11, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
    j.m_sdv/j.m_avg,j.m_sdv^2/j.m_avg);

END loop;
return 'Done';
    END;

    $BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100;
-- DROP FUNCTION mr_stat_city()

```


ДОДАТОК Б МАТЕРІАЛИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ РОБОТИ



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

Атестаційна магістерська робота
на тему:
**“Геоінформаційне моделювання
морфометричних характеристик міської
забудови”**

Виконала: ст.гр. ГІСТ-61м,
Спеціальності: геодезія та землеустрій,
Спеціалізації: геоінформаційні системи та технології
Травкіна О.А.
Керівник: проф. Лященко А.А.

Київ 2022

Актуальність теми. Характеристика та аналіз міської морфології є постійним завданням у наукових дослідженнях міських територій, у екологічному аналізі та в багатьох інших сферах. У міру того, як доступність і якість даних про них зростає, будівлі привертають більше уваги. Однак інструменти та дані, що сприяють широкомасштабним дослідженням, а також міждисциплінарний консенсус щодо показників залишаються дефіцитними та часто неадекватними.

В якісних морфометричних характеристиках міської забудови постійно зростає потреба в багатьох сферах, зокрема в:

- просторовому плануванні міст, містобудівному кадастрі та містобудівному моніторингу;
- плануванні заходів енергозбереження будівель;
- розвитку зеленої енергетики у містах;
- удосконаленні автоматизованої класифікації будівель при використанні цифрових знімків у виробництві геопросторових даних і топографічних планів;
- автоматизованій ідентифікації будівель за просторовими властивостями при інтегруванні наборів геопросторових даних з різних джерел;
- оцінюванні матеріальних втрат внаслідок стихійних лих та воєнних дій.



ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження: територія міської забудови.

Предмет дослідження: моделі і технології геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи є* удосконалення засобів геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови з урахуванням вимог їх багатоцільового використання.

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

- аналіз змісту морфометричних характеристик міської забудови та предметних сфер їх використання;
- аналіз публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови;
- обґрунтування багатоцільової системи морфометричних характеристик міської забудови;
- розроблення структурно-функціональну модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови (ГІС МФХ);
- розроблення концептуальної моделі та каталогу класів об'єктів бази геопросторових даних (БГД) ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови;
- розроблення логічної моделі БГД ГІС МФХ з урахуванням вимог її реалізації в середовищі СКБД PostgreSQL/ PostGIS;
- розроблення алгоритму моделювання морфометричних характеристик будинків та прикладної SQL-функції його реалізації;
- розроблення алгоритму геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території та прикладної SQL-функції його реалізації;
- створення бази наборів геопросторових даних для дослідних територій міст України та геоінформаційне моделювання морфометричних характеристик забудови для них.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Методи дослідження. Методологічну основу роботи складають:

- монографічний метод опрацювання наукових публікацій, нормативних документів з моделювання морфометричних характеристик міської забудови та їх багатоцільового використання;
- методи формалізації для розроблення і подання схем алгоритмів, технологічних моделей та моделей геопросторових даних з використанням IDF та UML діаграм;
- методи реалізації прикладних SQL-функцій в середовищі об'єктно-реляційної СКБД;
- методи геоінформаційного та геостатистичного аналізу геопросторових даних при моделюванні морфометричних характеристик міської забудови в ГІС;
- методи геоінформаційного картографування для зображення та аналізу результатів моделюванні морфометричних характеристик міської забудови в ГІС.

Новизна одержаних результатів. В роботі виконано узагальнено та практично вирішено прикладні задачі з удосконалення технології геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови, зокрема:

- розроблено концептуальні моделі та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних (БГД) ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови з урахуванням вимог їх багатоцільового використання;
- розроблено алгоритм моделювання морфометричних характеристик будинків та прикладну SQL-функцію його реалізації в середовищі ОР СКБД;
- розроблено алгоритм геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території даних та прикладну SQL-функція його реалізації в середовищі ОР СКБД.



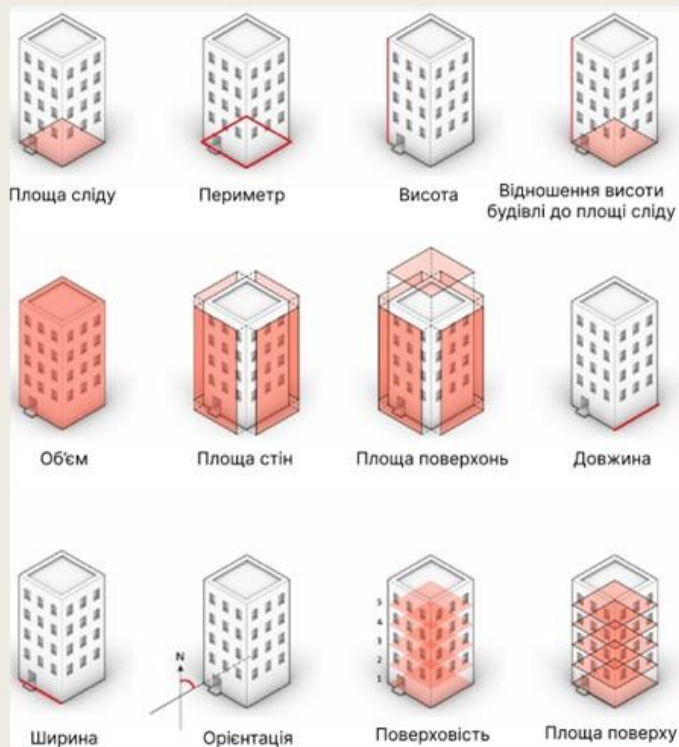
СТРУКТУРА РОБОТИ

Розділ 2	2.1	Структурно-функціональна модель ГІС моделювання морфометричних характеристик міської забудови	Структурно-функціональна модель ГІС МФХ
	2.2	Концептуальна модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних ГІС МФХ	Концептуальна модель ГІС МФХ
	2.3	Розроблення алгоритму моделювання морфометричних характеристик будинків	Алгоритм морфометричних характеристик будинків
	2.4	Розроблення алгоритмів моделювання морфометричних характеристик забудови структурно-планувальних об'єктів території міста	Алгоритм морфометричних характеристик забудови структурно-планувальних об'єктів території міста
	2.5	Розроблення функцій стандартної статистики індикаторів будівель в межах структурно-планувальних об'єктів території міста	Алгоритм морфометричних характеристик стандартної статистики індикаторів будівель в межах структурно-планувальних об'єктів території міста

Розділ 1	1.1	Основні визначення та сфери використання морфометричних характеристик міської забудови	Формулювання визначення та сфери використання ГІСМФХ
	1.2	Обґрунтування системи морфометричних характеристик міської забудови	Формулювання задач з розроблення ГІС СЗЗ
	1.3	Огляд публікацій з геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови та постановка задачі дослідження	Постановка задачі ГІС МФХ та огляд публікацій
	1.4	Структура, завдання та обмеження проекту	Структурна робота

Розділ 3	3.1	Технологічна схема реалізації ГІС МФХ	Технологічна схема
	3.2	Логічна модель БГД ГІС МФХ в середовищі PostgreSQL/PostGIS	Логічна модель
	3.3	Реалізація прикладної SQL-функції моделювання морфометричних характеристик будинків.	Текст SQL-функції морфометричних характеристик будинків
	3.4	Реалізація прикладної SQL-функції геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території	Текст SQL-функції геостатистичного аналізу морфометричних характеристик забудови міської території
	3.5	Результати геоінформаційного моделювання морфометричних характеристик міської забудови для дослідних територій	Тематичні карти аналізу морфометричних характеристик міської забудови для
Висновки	В	Аналіз результатів	Загальні висновки АРМ

СИСТЕМА ІНДИКАТОРІВ НА РІВНІ БУДІВЕЛЬ



ІНДИКАТОР	ТИП ДАНИХ	ОДИНИЦЯ
ПЛОЩА СЛІДУ	Десятковий	М ²
ПЕРИМЕТР	Десятковий	М
ВИСОТА	Десятковий	М
СПІВВІДНОШЕННЯ ВИСОТИ ДО ПЛОЩІ СЛІДУ	Десятковий	М ⁻¹
ОБ'ЄМ	Десятковий	М ³
ПЛОЩА СТІНИ	Десятковий	М ²
ЗОНА КОНВЕРТА	Десятковий	М ²
КІЛЬКІСТЬ ВЕРШИН	Ціле число	
СКЛАДНІСТЬ	Десятковий	
КОМПАКТНІСТЬ	Десятковий	
ЕКВІВАЛЕНТНИЙ ПРЯМОКУТНИЙ ІНДЕКС	Десятковий десятковий	М
MVR (*A) ДОВЖИНА	Десятковий	М
MVR (*A) ШИРИНА	Десятковий	М ²
MVR (*A) ПЛОЩА		
ОРІЄНТАЦІЯ (АЗИМУТ)	Десятковий	Градуси
ПОВЕРХОВІСТЬ	Ціле	
ПЛОЩА	Десяткове число	М ²

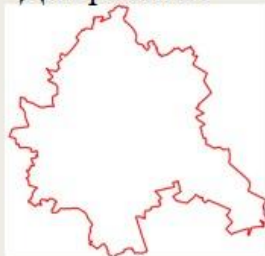
СИСТЕМА ІНДИКАТОРІВ НА РІВНІ ЗОН НАЙБЛИЖЧОГО СУСІДСТВА 25, 50,100 М



Для кварталів



Для районів



Для міста

Назва морфологічної характеристики	Тип даних	Одиниці виміру	Визначення
b_number	integer		Загальна кількість будинків в межах ТО
pt_area	double precision	м ²	Площа кварталу
ptg_area	double precision	м ²	Площа кварталу в гв
t_area	double precision	м ²	Площа ТО
tb_area	double precision	м ²	Сумарна площа будинків
kbt	double precision	м ²	Кількість будинків на 1 га ТО
sbt	double precision	м ²	Щільність забудови tb_area/t_area
fbt	double precision	м ²	Коефіцієнт забудови сумарної площі поверхів/площу ТО
t_volume	double precision	м ³	Сумарний об'єм будівель м. Куб
kt_volume	double precision	м ³	Сумарний об'єм на 1 га території

ПОКАЗНИКИ СТАНДАРНОЇ СТАТИСТИКИ МФХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ



Розрахунок кількості



Відстані

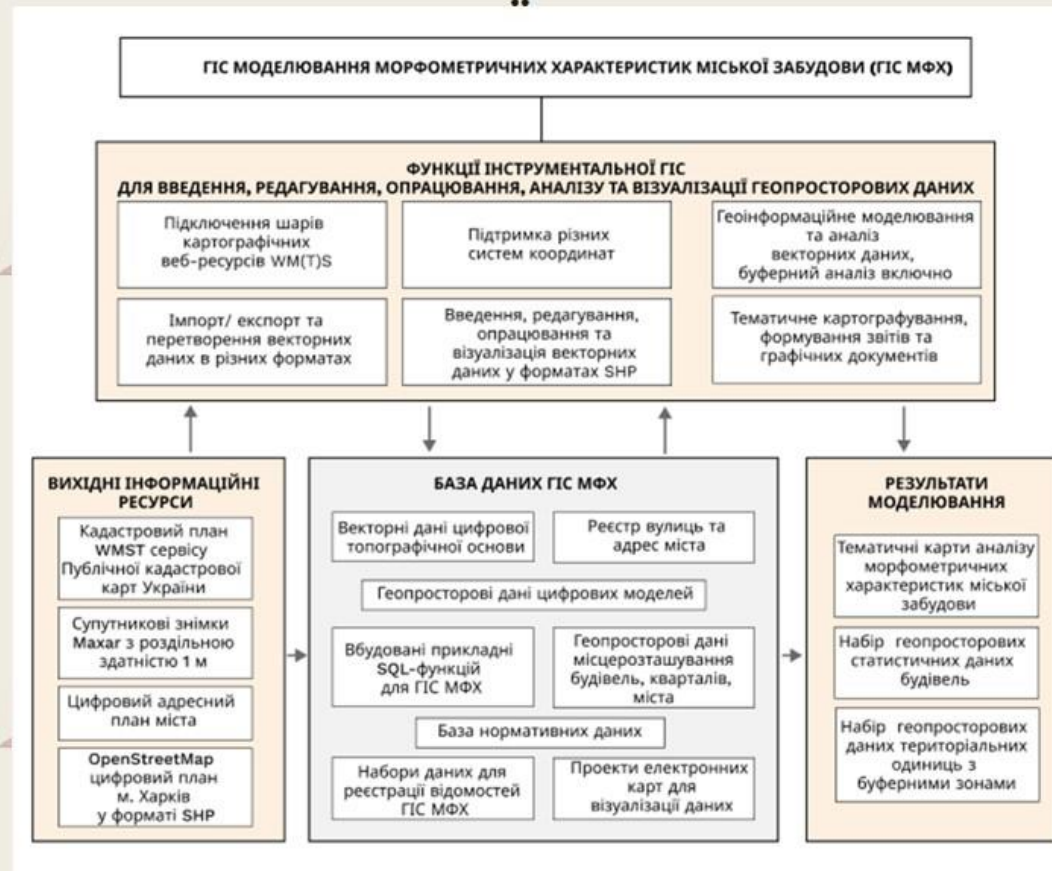


Площа

Кількість сусідів	Ціле число	
Покриття сайту в буфері	Ціле число	
Відстань до сусідів (*b):		
– Мінімум	Десятковий	м
– Медіана	Десятковий	м
– Середнє	Десятковий	м
– Максимум	Десятковий	м
– Сума	Десятковий	м
– Стандартне відхилення (SD)	Десятковий	м
– Індекс дисперсії (D)	Десятковий	м
– Коефіцієнт варіації (CV)	Десятковий	

Назва морфологічної характеристики	Тип даних	Одиниці виміру	Визначення
mr_cod	Десятковий	м	Код морфометричного індикатора будівлі
mr_min	Десятковий	м	Мінімальне значення індикатора
mr_max	Десятковий	м	Максимальне значення індикатора
mr_mean	Десятковий	м	Середнє значення індикатора
mr_stdev	Десятковий	м	Стандартне квадратичне відхилення
mr_var_k	Десятковий	м	Коефіцієнт варіації
mr_dsp_i	Десятковий	-	Індекс дисперсії

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ГІС МОДЕЛЮВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК



КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТІВ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ГІС МФХ

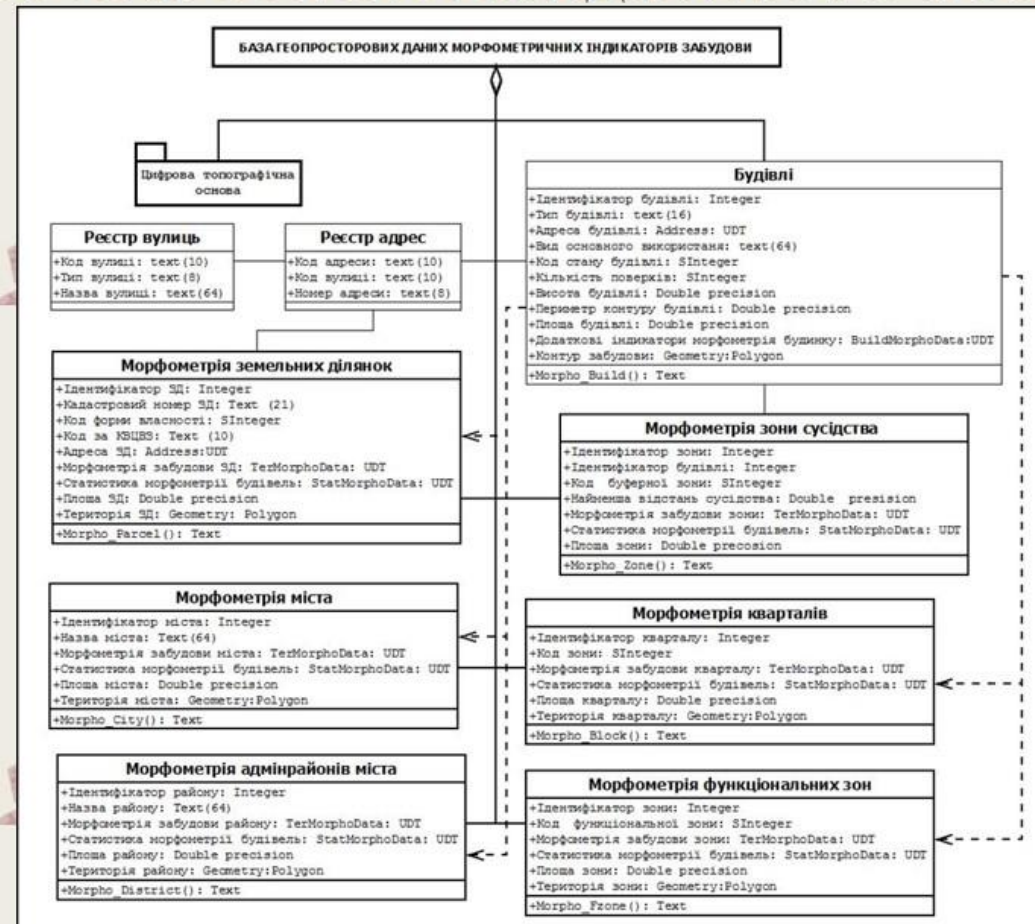
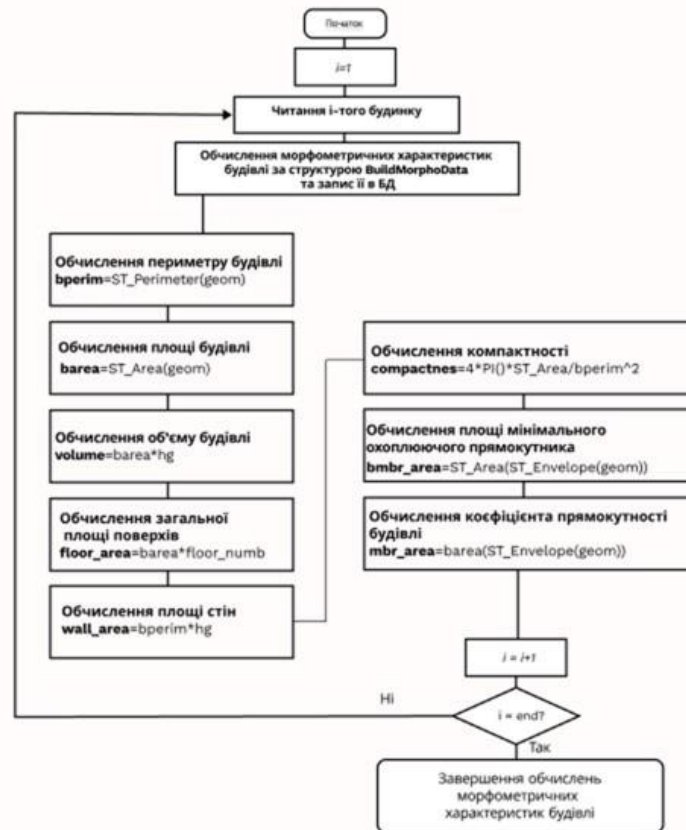


СХЕМА АЛГОРИТМУ ОБЧИСЛЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЛІ



```

CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_build()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  bperim double precision;
  barea double precision;
  bcompactnes double precision;
  bmb_r_area double precision;
  i record; -- змінна структурованого типу record, в яку читаються із таблиці
  buildings первинні атрибути будівлі на поточному кроці циклу

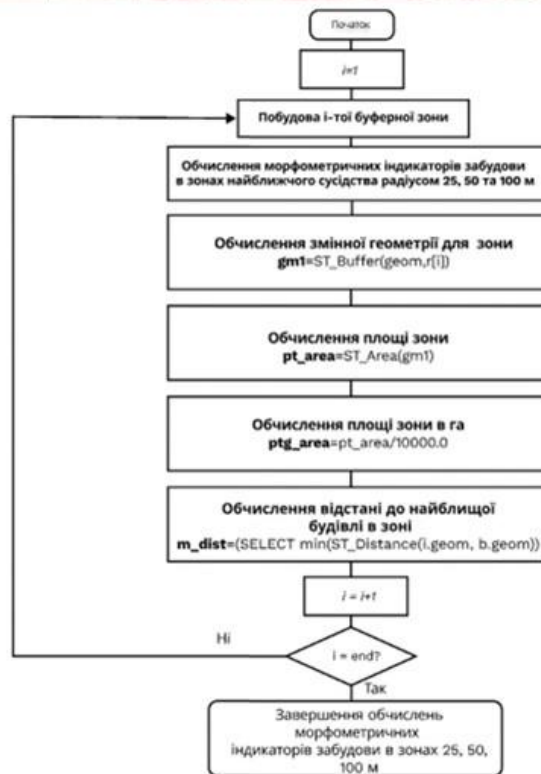
```

```

FOR i IN (SELECT gid,floor_num,hg,geom FROM buildings)
loop
  bperim=ST_Perimeter(i.geom);
  barea=ST_Area(i.geom);
  bmb_r_area=ST_Area(ST_Envelope(i.geom));
  UPDATE buildings SET perim=bperim,
    area=barea,
    volume=barea*i.hg,
    floor_area=barea*i.floor_num,
    wall_area=bperim*i.hg,
    compactnes=4*PI()*barea/bperim^2,
    mbr_area=bmb_r_area,
    box_nes=barea/bmb_r_area
  WHERE buildings.gid=i.gid;
end loop;

```


СХЕМА АЛГОРИТМУ ОБЧИСЛЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ІНДИКАТОРІВ ЗАБУДОВИ В ЗОНАХ НАЙБЛИЖЧОГО СУСІДСТВА РАДІУСОМ 25М, 50М, 100М



```

CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_zone()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
  pt_area double precision; -- площа зони
  ptg_area double precision; -- площа зони в га
  gm1 geometry; -- змінна для геометрії зони
  m_dist1 double precision; -- відстань до найближчої будівлі в зоні
  i record; -- структура хідних даних поточного будинку із таблиці БГД
  j record; -- структура для агрегованих даних забудови зони
  
```

```

FOR i IN (SELECT gid,sid,geom FROM buildings)
  loop
  -- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІ ЗОНИ 1 - 25 метрів
  gm1=ST_Buffer(i.geom,25.0);
  pt_area=ST_Area(gm1);
  ptg_area=pt_area/10000.0;
  m_dist1=(SELECT min(ST_Distance(i.geom, b.geom))
  FROM buildings b
  where b.gid<>i.gid and ST_Intersects(b.geom,gm1));
  -- вибірка та агрегування даних про будівлі,
  -- що перетинаються з територією зони 1
  SELECT COUNT(*)as pct, SUM(b.area) as pba,
  SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume)as pv
  FROM buildings as b
  WHERE ST_Intersects(b.geom,gm1) INTO j;
  -- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних для зони 1
  
```

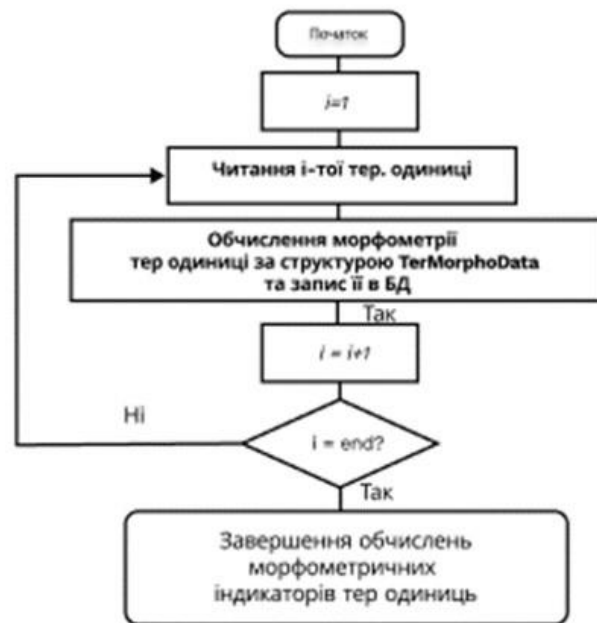
```

INSERT INTO zones(
  bud_id, zone_cod, m_distance, b_number, t_area, tb_area,
  kbt, sbt, fbt, t_volume, kt_volume)
VALUES ( i.sid, 1, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
  j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);
-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 2 - 50 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,50.0);
.....
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
  j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 3 - 100 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,100.0);
.....
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba,j.pct/ptg_area,
  j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area,j.pv, j.pv/ptg_area);

END loop;
return 'Done';
  
```

СХЕМА АЛГОРИТМУ ФОРМУВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ІНДИКАТОРІВ СТРУКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА



```

INSERT INTO zones(
  bud_id, zone_cod, m_distance, b_number, t_area, tb_area,
  kbt, sbt, fbt, t_volume, kt_volume)
VALUES ( i.sid, 1, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba, j.pct/ptg_area,
  j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area, j.pv, j.pv/ptg_area);
-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 2 - 50 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,50.0);
.....
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba, j.pct/ptg_area,
  j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area, j.pv, j.pv/ptg_area);
.....
-- ФОРМУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ ЗОНИ 3 - 100 м
gm1=ST_Buffer(i.geom,100.0);
.....
VALUES ( i.sid, 3, m_dist1, j.pct, pt_area, j.pba, j.pct/ptg_area,
  j.pba/pt_area, j.pfa/pt_area, j.pv, j.pv/ptg_area);
.....
END loop;
return 'Done';

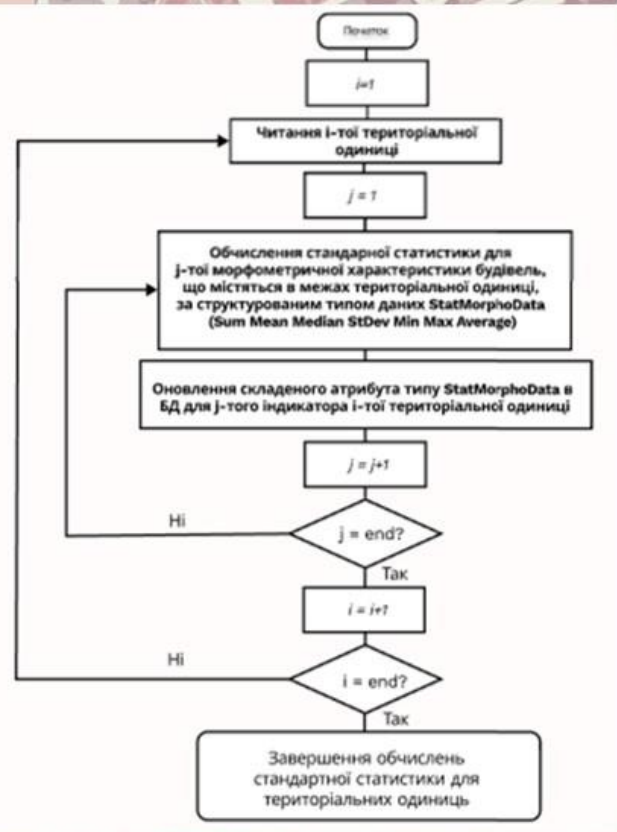
```

```

FOR i IN (SELECT gid,geom FROM blocks)
loop
pt_area=ST_Area(i.geom);
if pt_area = 0.0 then pt_area = 1;
end if;
ptg_area=pt_area/10000.0;
-- вибірка та агрегування даних про будівлі,
-- що перетинаються з територією кварталу
SELECT COUNT(*) as pct, SUM(b.area) as pba,
SUM(b.floor_area) as pfa, SUM(b.volume) as pv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom,i.geom) INTO j;
-- обчислення похідних індикаторів та оновлення усіх даних
-- для кварталу
UPDATE blocks as b SET b_number=j.pct, t_area=pt_area,
tb_area=j.pba, kbt=j.pct/ptg_area,sbt=j.pba/pt_area,
fbt=j.pfa/pt_area,t_volume=j.pv, kt_volume=j.pv/ptg_area
WHERE b.gid=i.gid;
END loop;
return 'Done';
END;

```

СХЕМА АЛГОРИТМУ ФОРМУВАННЯ СТАНДАРТНОЇ СТАТИСТИКИ ДЛЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ІНДИКАТОРІВ БУДИНКІВ В МЕЖАХ СТРУКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА



```

CREATE OR REPLACE FUNCTION mr_stat_zone()
  RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
k integer; -- номер зони для циклу по зонах
rbuf double precision; -- радіус буфера
gmz geometry; -- змінна для геометрії зони
i record; -- оперативні дані поточного будинку
j record; -- структура для агрегованих даних забудови зони
  
```

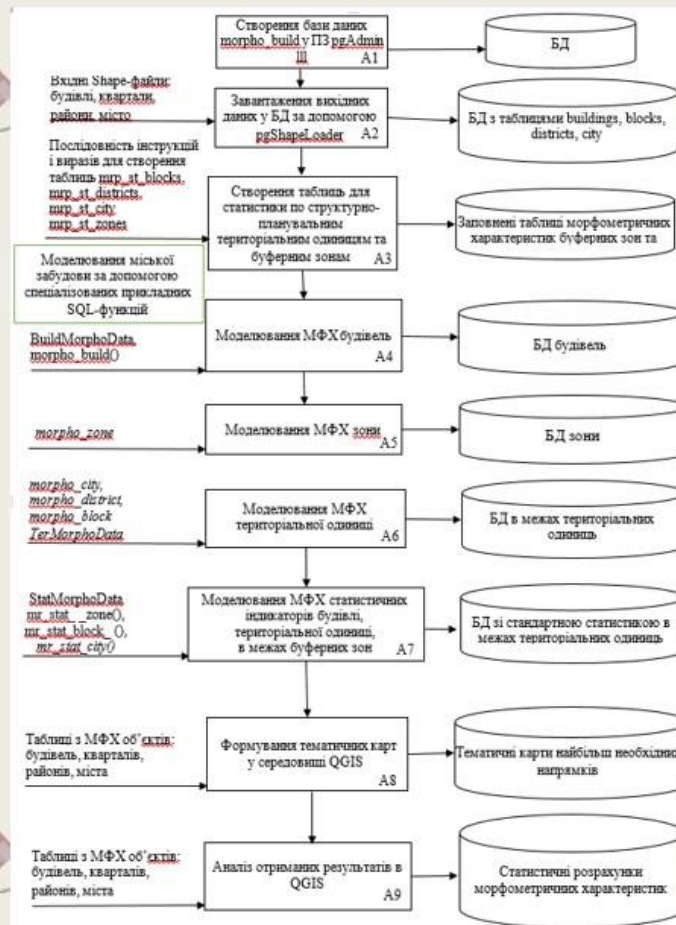
```

FOR i IN (SELECT gid, sid, geom FROM buildings)
  loop
  -- цикл по зонах
  FOR k in 1..3
  LOOP
  IF k=1 then rbuf=25.0;
  elsif k=2 then rbuf=50.0;
  else rbuf=100.0;
  end if;
  gmz=ST_Buffer(i.geom,rbuf);
  
```

```

SELECT MIN(b.floor_num) as m_min, MAX(b.floor_num) as m_max,
AVG(b.floor_num) as m_avg, stddev(b.floor_num) as m_sdv
FROM buildings as b
WHERE ST_Intersects(b.geom, gmz) INTO j;
INSERT INTO mrp_st_zones( bud_id, zone_cod, mr_cod, mr_min, mr_max,
mr_mean, mr_stdev, mr_var_k, mr_dsp_i)
VALUES ( i.sid, k, j.m_min, j.m_max, j.m_avg, j.m_sdv,
j.m_sdv/j.m_avg, j.m_sdv^2/j.m_avg);
  
```


ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА РЕАЛІЗАЦІЇ ГІС МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ



СТВОРЕННЯ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК М. ХАРКІВ ТА М.БРОВАРИ

The screenshot shows the PostgreSQL Enterprise console with the following SQL code in the SQL pane:

```
-- Database: "Morpho_urban_build"
-- DROP DATABASE "Morpho_urban_build";

CREATE DATABASE "Morpho_urban_build"
WITH OWNER = postgres
ENCODING = 'UTF8'
TABLESPACE = 'pg_default'
LC_COLLATE = 'Russian_Ukraine.1251'
LC_CTYPE = 'Russian_Ukraine.1251'
CONNECTION LIMIT = -1;
```

The left sidebar shows the database structure, including Schemas (1) and public.

The screenshot shows the PostGIS Shapefile Import/Export Manager dialog box. The 'Import List' table is as follows:

Shapefile	Schema	Table	Geo Column	SRID	Mode	Rm
D:\S kurs\diplom\morfen\shp_right\adm_d.shp	public	adm_d	geom	3857	Create	<input type="checkbox"/>
D:\S kurs\diplom\morfen\shp_right\blocks.shp	public	blocks	geom	3857	Create	<input type="checkbox"/>
D:\S kurs\diplom\morfen\shp_right\build.shp	public	build	geom	3857	Create	<input type="checkbox"/>
D:\S kurs\diplom\morfen\shp_right\city.shp	public	city	geom	3857	Create	<input type="checkbox"/>

The 'Log Window' at the bottom shows the connection details: Connecting: host=localhost port=5432 user=postgres password="" dbname=Morpho_urban_build client_encoding=UTF8 Connection succeeded.

The screenshot shows the PostgreSQL Enterprise console with the following SQL code in the SQL pane:

```
-- Table: blocks
-- DROP TABLE blocks;
CREATE TABLE blocks
(
gid serial NOT NULL,
to_id numeric(10,0),
b_number integer,
t_area double precision,
tb_area double precision,
kbt double precision,
stt double precision,
fbt double precision,
t_volume double precision,
kt_volume double precision,
geom geometry(Point3D,3857),
CONSTRAINT blocks_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
OIDS=FALSE
```

The left sidebar shows the database structure, including Schemas (1) and public.

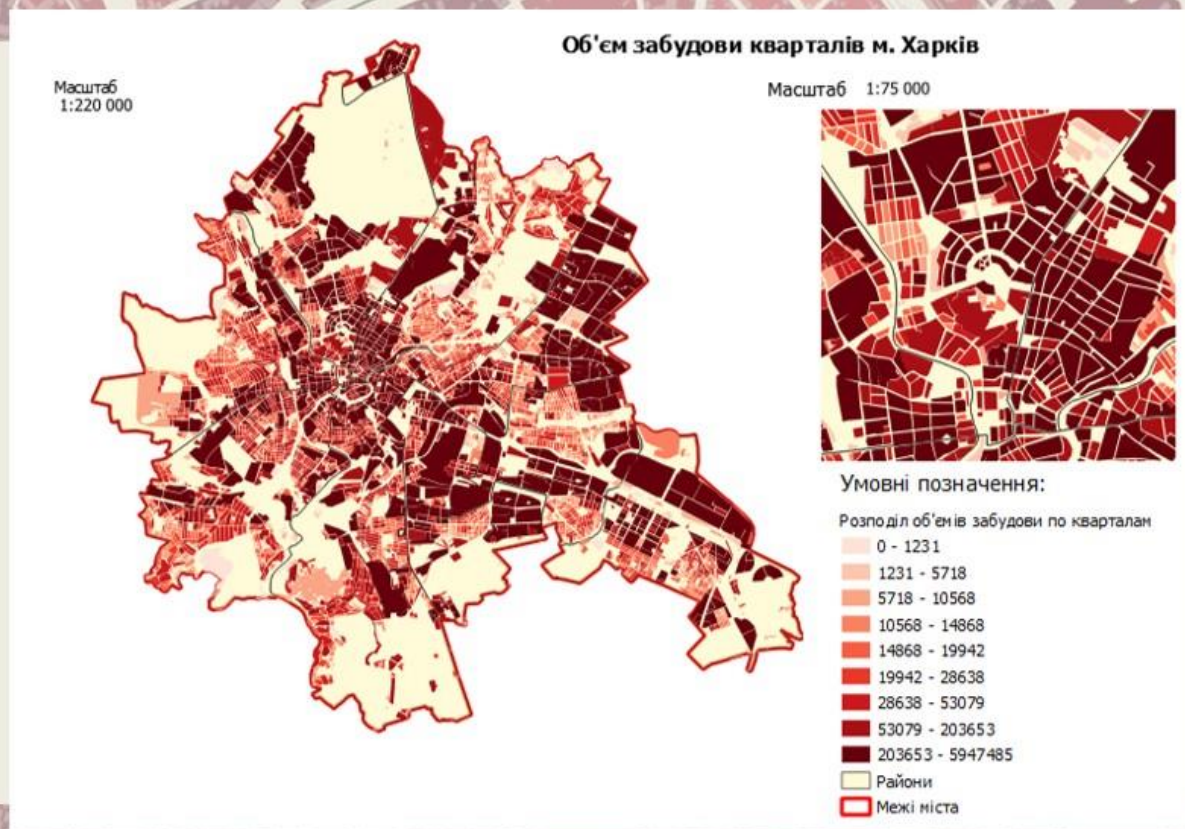
The screenshot shows the PostgreSQL Enterprise console with the following SQL code in the SQL pane:

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

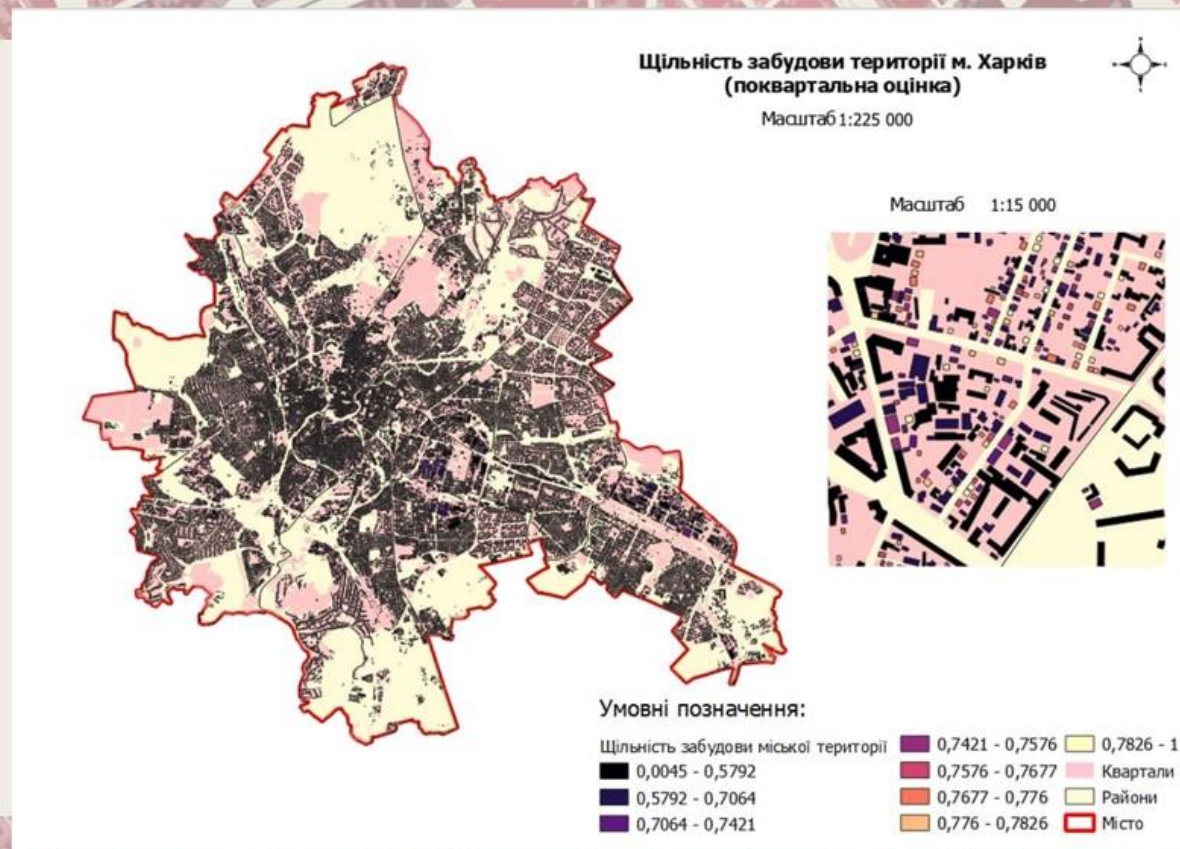
CREATE OR REPLACE FUNCTION morpho_block()
RETURNS text AS
$BODY$
DECLARE
pt_area double precision; -- площа кварталу
ptg_area double precision; -- площа кварталу в та
i record; -- операційні дані поточного кварталу
j record; -- структура для агрегованих даних забудови
BEGIN
-- Цикл по кварталах для розрахунку морфометричних
-- індикаторів забудови їх територій
FOR i IN (SELECT gid,geom FROM blocks)
LOOP
pt_area=ST_Area(i.geom);
if pt_area = 0.0 then pt_area = 1;
end if;
ptg_area=pt_area/10000.0;
```

The left sidebar shows the database structure, including Schemas (1) and public.

ТЕМАТИЧНА КАРТА РОЗПОДІЛУ КВАРТАЛІВ М. ХАРКІВ ЗА ПОКАЗНИКОМ ОБ'ЄМУ ЗАБУДОВИ В ЇХ МЕЖАХ



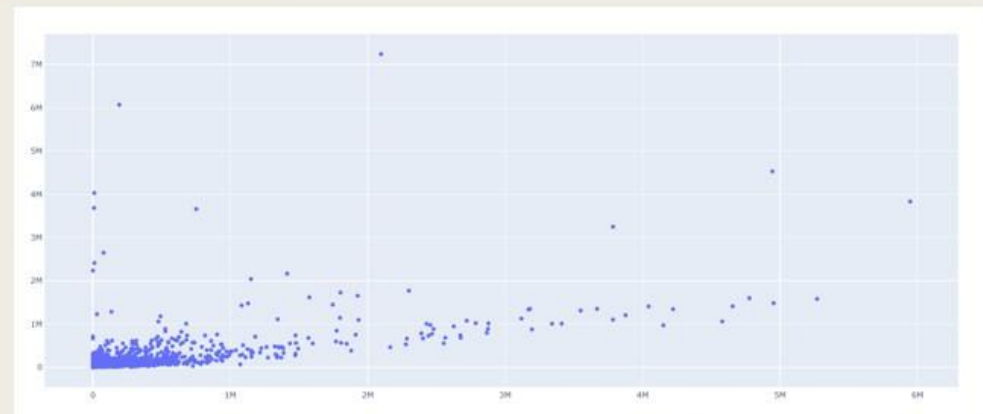
ТЕМАТИЧНА КАРТА РОЗПОДІЛУ КВАРТАЛІВ М. ХАРКІВ ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ ВАРІАЦІЇ ЩІЛЬНОСТІ ЗАБУДОВИ



ГРАФІКИ РОЗПОДІЛУ ТА РОЗСІЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

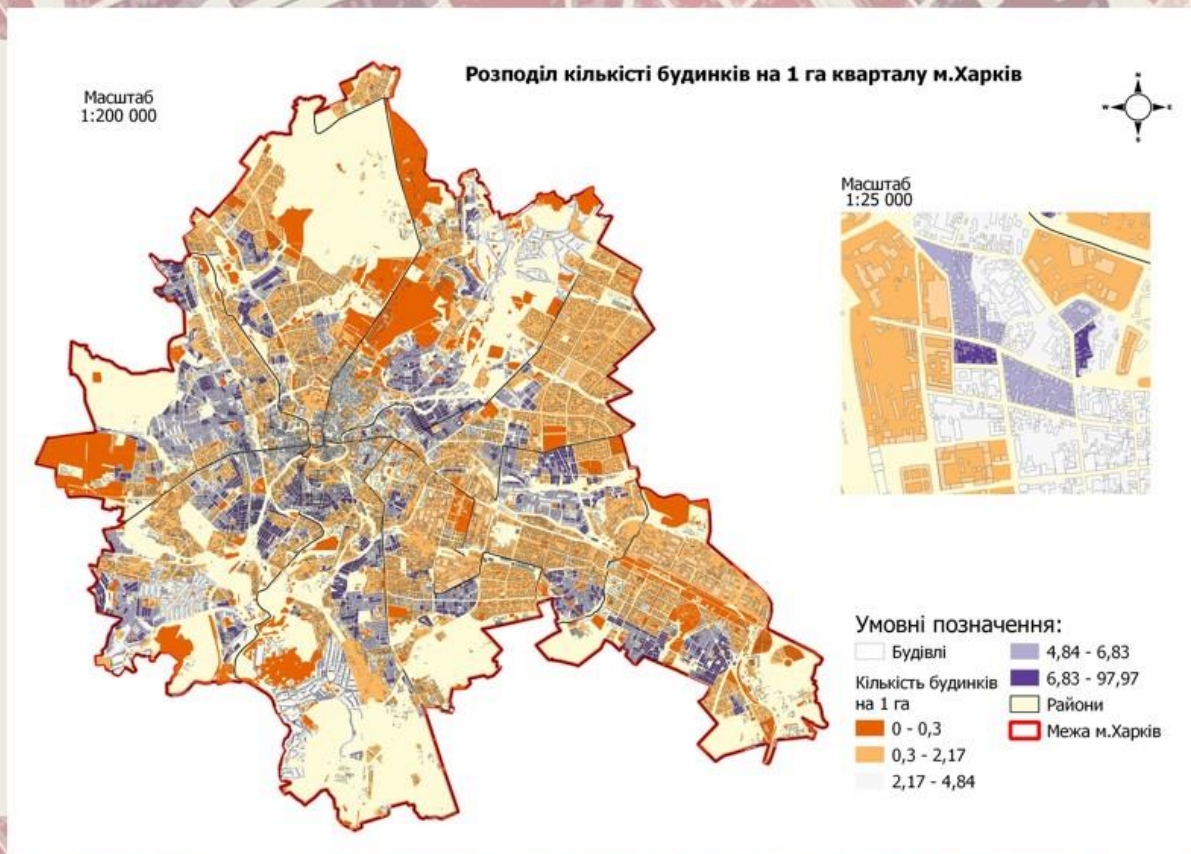


Гістограма розподілу коефіцієнта забудови

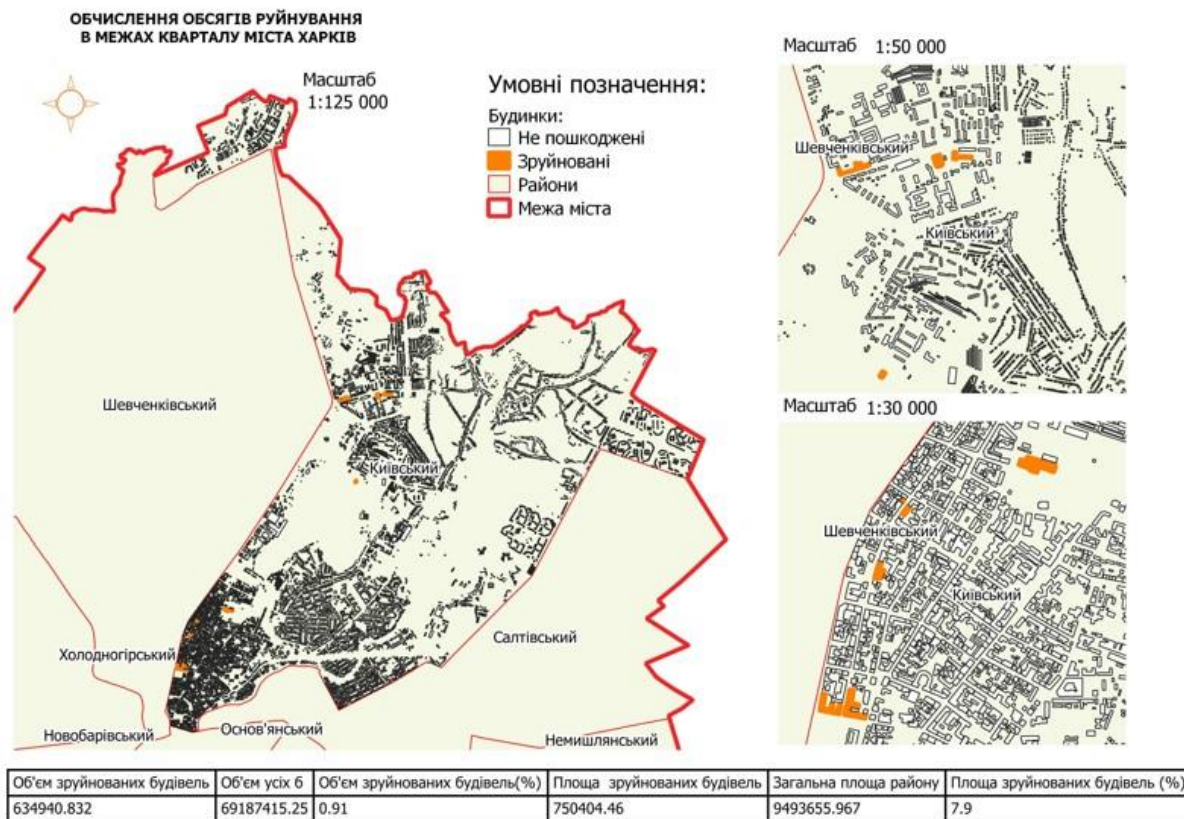


Діаграма розсіювання сумарного об'єму будівель на 1 га

ТЕМАТИЧНА КАРТА РОЗПОДІЛУ КІЛЬКОСТІ БУДИНКІВ У КВАРТАЛАХ М. ХАРКІВ



ТЕМАТИЧНА КАРТА ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ ОБСЯГІВ РУЙНУВАННЯ В МЕЖАХ КВАРТАЛУ МІСТА ХАРКІВ



ВИСНОВКИ

- 1) На основі аналізу останніх публікацій встановлено, що із зростанням числа доступних джерел цифрових даних про будівлі на територію великих міст підвищується інтерес до різноманітних морфометричних характеристик міської забудови в багатьох сферах діяльності, зокрема в сфері просторового планування, енергозбереження, зеленої міської енергетики, ліквідації наслідків стихійних лих і воєнних дій. Започаткована ініціатива по створенню глобальної бази даних морфометричних індикаторів будівель з використанням даних OpenStreetMap, з метою їх багатоцільового використання. Зростання сфер застосування морфометричних індикаторів будівель потребує перед усім підвищення якості даних та забезпечення доступності до них широкого кола зацікавлених суб'єктів у виробничій, проектній та академічній сферах.
- 2) обґрунтовано склад системи морфометричних індикаторів будинків та морфометричних індикаторів забудови території міста з урахуванням їх багатоцільового використання.
- 3) розроблено компоненти методичного забезпечення системи геоінформаційного моделювання морфометричних індикаторів міської забудови, а саме структурно-функціональну модель системи; концептуальну модель та каталог класів об'єктів бази геопросторових даних за вимогами національного стандарту ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних; схеми алгоритмів формування морфометричних індикаторів будівель та забудованих територій міста;
- 4) в середовищі відкритої СКБД PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS на мові програмування PL/pgSQL реалізовано набір прикладних програмних SQL-функцій геоінформаційного моделювання морфометричних індикаторів будівель та забудованих територій міста, що відкриває можливості широкого використання їх в поєднанні із засобами різними інструментальних ГІС;
- 5) коректність роботи розроблених SQL-функцій підтверджено результатами обчислювального експерименту з геоінформаційного моделювання морфометричних індикаторів будівель та забудованих територій міст з використанням реальних наборів даних на території міст Харків та Бровари; опрацьовано практичну методику тематичного картографування і статистичного аналізу результатів моделювання в середовищі СКБД PostgreSQL та геоінформаційної системи QGIS.
- 6) подальші дослідження пов'язані з докладним аналізом вимог та інтересу до використання морфометричних характеристик міської забудови в різних сферах і створенням банку даних таких характеристик для міст України, наприклад, в складі системи містобудівного кадастру.



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!