

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

## ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

### Геоінформаційне моделювання зон доступності екстрених служб міста Києва

Виконала студентка групи ПІСТм-24

193 «Геодезія та землеустрій»

Геоінформаційні системи і технології

Стаховський Єгор Євгенійович

Керівник: Лященко А.А., проф., д.т.н.



Київ-2025

# Актуальність дослідження

Оперативне реагування служб екстреної допомоги (СЕД) є критично важливим для забезпечення безпеки та збереження життів мешканців великих міст. Ключовим фактором у цьому процесі є аналіз та оптимізація зон доступності – територій, мешканці яких можуть отримати екстрену допомогу за нормативно визначений час після звернення до відповідних спеціалізованих СЕД (швидкої медичної допомоги, пожежної охорони, поліції тощо).



## Мета та завдання дослідження

**Метою** роботи є розробка та реалізація геоінформаційної моделі для визначення та аналізу зон доступності міських екстрених служб на прикладі м. Києва з використанням засобів мережного аналізу в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS.

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

- аналіз сучасних методів та підходів до геоінформаційного моделювання зон доступності в міському середовищі;
- аналіз функціональних можливостей СКБД PostgreSQL/PostGIS для виконання мережного аналізу та побудови ізохрон;
- збір, підготовка та структуризація вхідних геопросторових даних для моделювання зон доступності СЕД міста Києва;
- розроблення моделі бази геопросторових даних та алгоритмів для побудови зон обслуговування СЕД з використанням функцій PostGIS та мережного розширення pgRouting;
- реалізація прикладних SQL-скриптів та функцій для автоматизації обчислення ізохрон зон доступності СЕД ;
- візуалізація та аналіз отриманих результатів, формування висновків щодо ефективності розташування екстрених служб м. Києва.

## Об'єкт, предмет та методи дослідження

**Об'єкт дослідження:** процес геоінформаційного моделювання зон доступності об'єктів та послуг на основі мережного аналізу.

**Предмет дослідження:** моделі, методи та засоби побудови зон доступності екстрених служб міста Києва з використанням мережного аналізу в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS.

**Методи дослідження.** Методологічну основу роботи складають: монографічний метод опрацювання наукових публікацій та нормативних документів, що стосуються встановлення та моделювання меж зон доступності; методи формалізації для розроблення моделей даних, алгоритмів та технологічних схем з використанням UML; методи реалізації прикладних SQL-функцій та запитів в середовищі об'єктно-реляційної СКБД; методи мережного аналізу для побудови зон доступності (ізохрон); методи моделювання, аналізу та візуалізації геопросторових даних в ГІС.

## Новизна одержаних результатів

У роботі на реальних наборах даних м. Києва розроблено та впроваджено геоінформаційну модель для побудови зон доступності служб екстреної в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS. Розроблено та реалізовано прикладні SQL-функції для вирішення таких завдань:

- 1) підготовка транспортної мережі для мережного аналізу (створення топології, задання атрибутів вартості доступності);
- 2) автоматизований розрахунок ізохрон доступності для заданих точкових об'єктів (станцій служб екстреної допомоги) з урахуванням заданих часових інтервалів;
- 3) агрегація та аналіз отриманих зон доступності для оцінки покриття території міста.

З практичної точки зору в роботі встановлено, що:

- 1) засоби мережного аналізу pgRouting та PostGIS надають достатній функціонал для ефективного розрахунку зон доступності на великих обсягах даних;
- 2) інтеграція всіх етапів моделювання (від підготовки даних до аналітичних результатів) в єдиному середовищі СКБД дозволяє створити масштабоване та ефективне рішення для моніторингу та аналізу доступності служб екстреної допомоги, що може бути використане в практичній діяльності відповідних департаментів цивільного захисту та просторового планування міста.

# Вхідні інформаційні ресурси роботи

- відкриті дані щодо розташування СЕД (швидкої медичної допомоги, пожежних депо) м. Києва на геопорталах Google Maps, Wikimapia;
- векторні моделі транспортної мережі м. Києва із набору даних OpenStreetMap (OSM) та набір даних геометрії сегментної моделі вулично-дорожньої мережі м. Києва в масштабі 1:10 000, створений в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії, що надавався для виконання лабораторних робіт в КНУБА з курсу «Транспортно-навігаційні ГІС»;
- векторні набори геопросторових даних OSM базової цифрової карти на територію м. Києва з адміністративними межами районів міста.

Як нормативи для обчислення зон доступності станцій швидкої медичної допомоги, пожежних та пожежно-рятувальних частин використовувалися:

- Постанова КМУ від 16 грудня 2020 р. № 1271 Про норматив прибуття бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги на місце події;
- ДСТУ 8767:2018 «Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування»;
- ДБН Б.2.2-12:2019.
- Методичні засади використання СКБД PostgreSQL/PostGIS з мережним розширенням pgRouting для моделювання зон доступності СЕД ґрунтуються на матеріалах курсу «Транспортно-навігаційні ГІС» розроблених в КНУБА проф. Лященко А.А., а також документації для відповідних програмних засобів та на навчальних прикладах типових сценаріїв використання засобів PostgreSQL, PostGIS та pgRouting, що доступні в Інтернеті, зокрема.

# Класифікація геоінформаційних моделей зон доступності



# Нормативні вимоги до часу прибуття екстрених служб

*Норматив прибуття пожежних служб на місце виклику - до 10 хвилин згідно з:*

- ДСТУ 8767:2018 «Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування»

Група населених пунктів за чисельністю населення, тис. чол.							
малі				середні	великі	крупні	найкрупніші
До 5	5-10	10-20	20-50	50-100	100-250	250-800	Понад 800
Гранична швидкість пожежного автомобіля, км/год							
31,0	32,0	31,0	35,0	35,0	35,0	39,0	26,0

Примітка. Якщо район виїзду охоплює населені пункти, які належать до різних груп, для розрахунку приймається середня швидкість від граничних швидкостей руху для цих населених пунктів.

- Державні будівельні норми Планування і забудова територій: ДБН Б.2.2-12:2019.

*Норматив прибуття медичних служби на місце виклику - до 10 хвилин згідно з:*

- Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2020 р. № 1271 Про норматив прибуття бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги на місце події.

# Порівняння програмних засобів моделювання зон доступності

Критерії порівняння	Оцінка програмних засобів за критеріями порівнянь				
	ArcGIS Network Analyst	QGIS з плагінами мережного аналізу	PostgreSQL/ pgRouting	Веб-сервіси (Valhalla, 2GIS тощо)	Python з API до засобів мережного аналізу
Тип ліцензії	Комерційна	Відкрита / Безкоштовна	Відкрита / Безкоштовна	Платна (без функціональних обмежень) / Безкоштовна (з обмеженнями)	Відкрита / Безкоштовна
Складність освоєння	Легка	Середня	Висока	Низька	Висока
Гнучкість та контроль	Висока	Висока	Дуже висока	Обмежена API	Максимальна
Можливість автоматизації	Середня (ModelBuilder, Python)	Середня (на основі Processing)	Висока (SQL-скрипти)	Висока (HTTP-запити)	Максимальна (скрипти)
Підтримка трафіку в реальному часі	Так	Обмежена	Ні (потрібна зовнішня обробка)	Так	Так (через інтеграцію)
Масштабованість	Висока	Середня (залежить від ПК)	Дуже висока (серверна архітектура)	Дуже висока	Залежить від реалізації
Інтеграція з веб-додатками	Складна	Складна	Висока (через API до БД)	Ідеальна(через API)	Висока
Ідеально підходить для	Корпоративного середовища, комплексних проектів "під ключ"	Навчання, реалізації невеликих проектів, підготовки даних	Розроблення систем, автоматизації, веб-ГІС	Швидкої розробки, мобільних додатків	Досліджень, алгоритмів, створення прототипів

# Висновок до порівняння програмних засобів моделювання зон доступності

**PostgreSQL/PostGIS з pgRouting** є оптимальним вибором, оскільки поєднує в собі:

- відкриту ліцензію без фінансових витрат;
- найвищу гнучкість та контроль над даними та алгоритмами;
- високу автоматизацію через sql-скрипти;
- відмінну масштабованість для обробки великих обсягів даних;
- добру інтеграцію з веб-додатками.

## **Переваги PostGIS:**

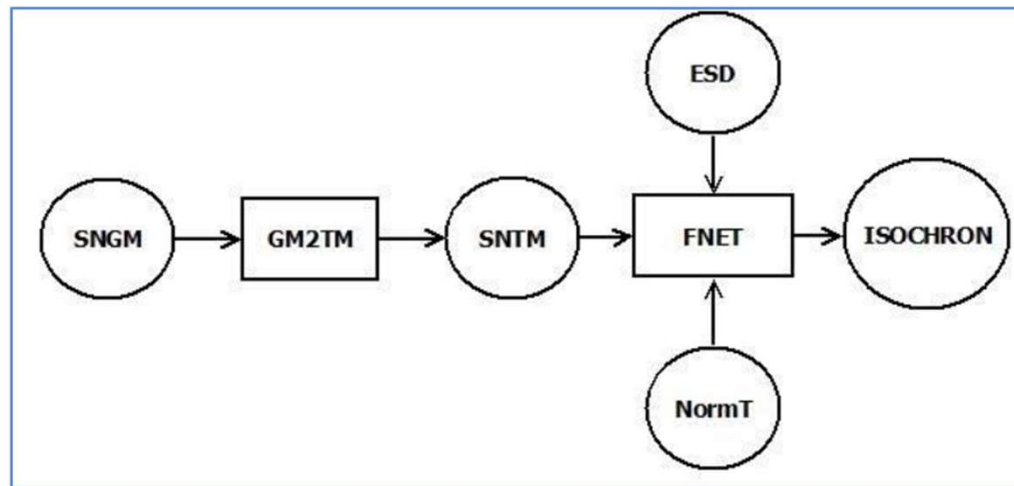
- економічна ефективність - відсутність ліцензійних витрат;
- повний контроль - можливість точно налаштувати алгоритми під конкретні потреби;
- автоматизація - sql-скрипти дозволяють створювати відтворювані процеси;
- масштабованість - здатність обробляти великі набори даних;
- інтеграційний потенціал - можливість вбудовування в більші системи.

PostGIS є ідеальним вибором, оскільки дозволяє глибоко зрозуміти принципи мережевого аналізу та налаштувати процеси під конкретні вимоги дослідження.

# **МЕТОДИЧНІ ЗАСАДА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ДОСТУПНОСТІ**

# Концептуальна схема ГІС моделювання зон доступності з використання БГД

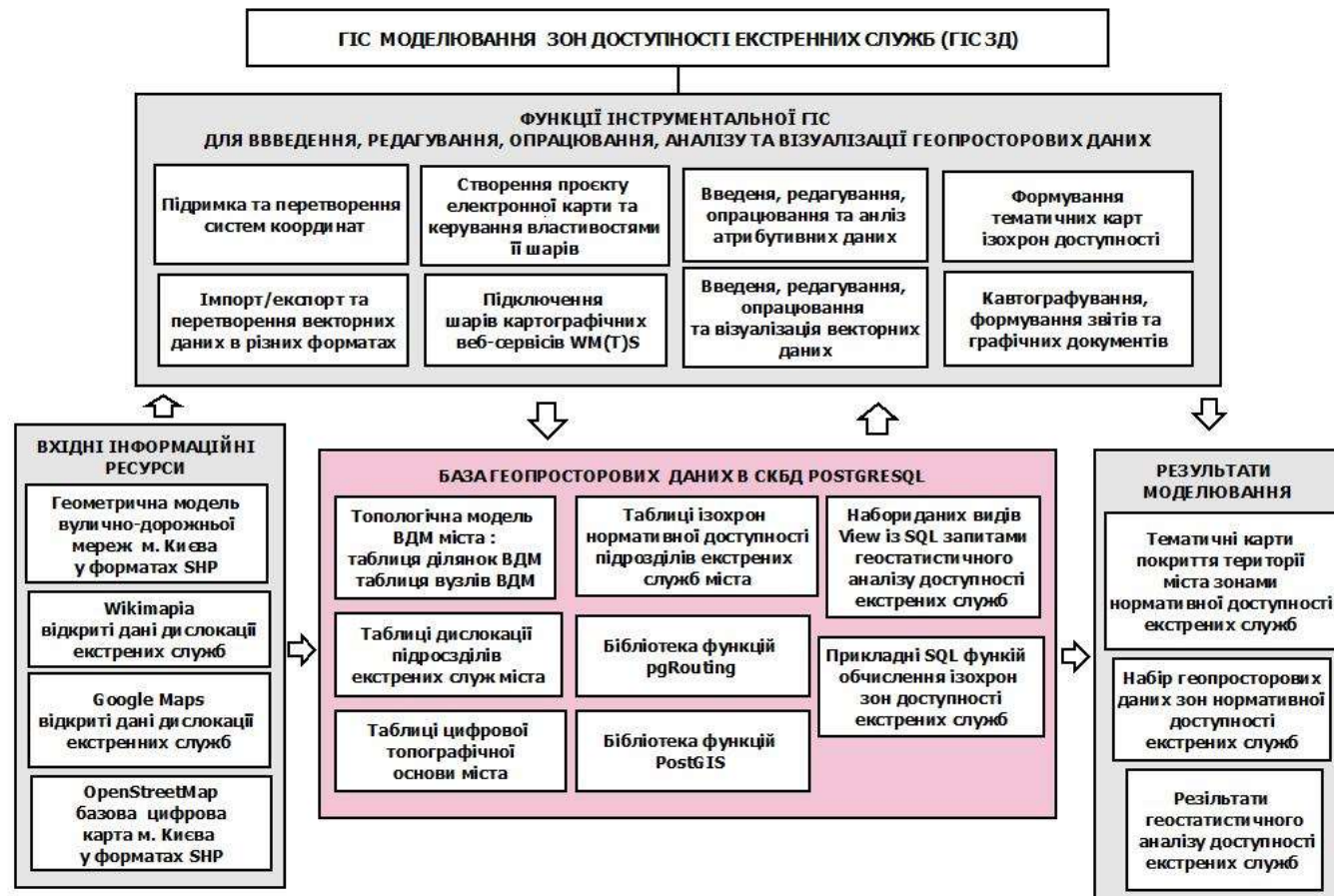
Операційний граф системи S геоінформаційного моделювання зон доступності для підрозділів екстрених служб



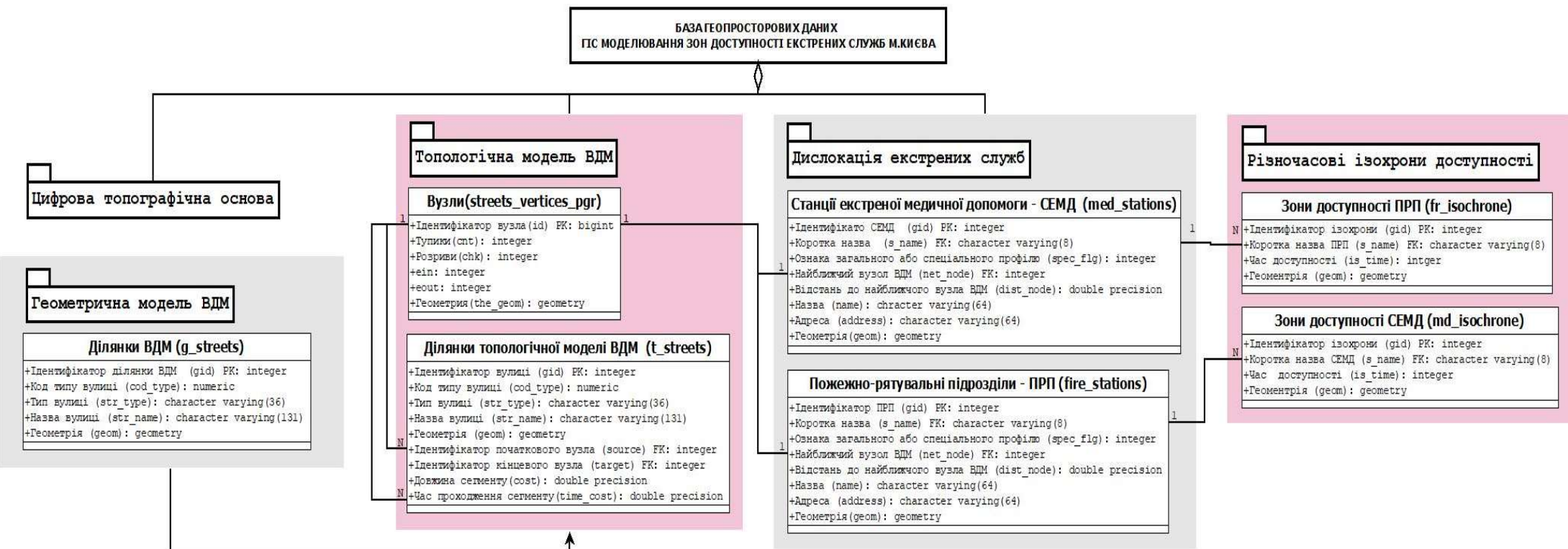
$$S = \{SNGM, SNTM, GM2TM, ESD, ISOCHRON \Rightarrow FNET (ESD, SNTM, NormT)\}$$

*SNGM* – геометрична модель ВДМ, *SNTM* – топологічна модель ВДМ, *GM2TM* – функція створення топологічної моделі ВДМ, *ESD* – набір даних цифрової моделі, *ISOCHRON* – цифрові векторні моделі полігонів ізохрон.

# Структурно-функціональна модель ГІС моделювання зон доступності екстрених служб міста

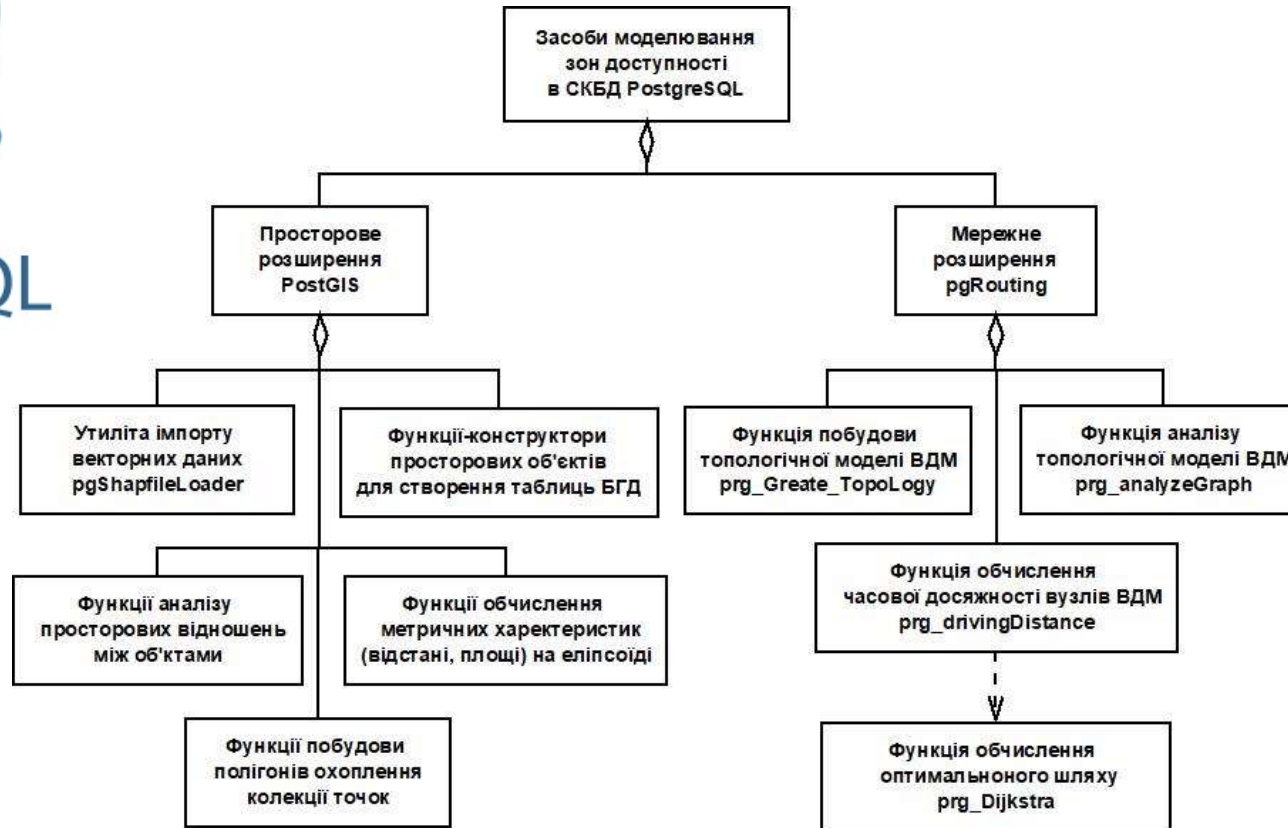


# Концептуальна модель бази геопросторових даних



UML діаграма концептуальної моделі БГД

# Засоби моделювання зон доступності в середовищі СКБД PostgreSQL



Функції спеціальних розширень СКБД PostgreSQL, що використовуються для геоінформаційного моделювання зон доступності

# Налаштування геометричної моделі ВДМ для PgRouting

## Модифікація таблиці геометричної моделі ВДМ

	gid	sys_cod_sg	cod_str	cod_type	str_type	str_name	w_sgm	geom
	[PK] integer	numeric	numeric	numeric	character var	character var	numeric	geom
1	1	28210.00000	155.0000000	1.000000000	ПІС/П».	РРµСЪPr...	20.00000000	01050000...
2	2	28262.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...
3	3	28234.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...
4	4	28677.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	20.00000000	01050000...
5	5	28235.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...
6	6	28274.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...

Total rows: 11104 of 11104 Query complete 00:00:00.541 Ln 1, Col 1

**ALTER TABLE streets ADD COLUMN source integer;**  
**ALTER TABLE streets ADD COLUMN target integer;**  
**ALTER TABLE streets ADD COLUMN cost double precision;**  
**ALTER TABLE streets ADD COLUMN time\_cost double precision;**



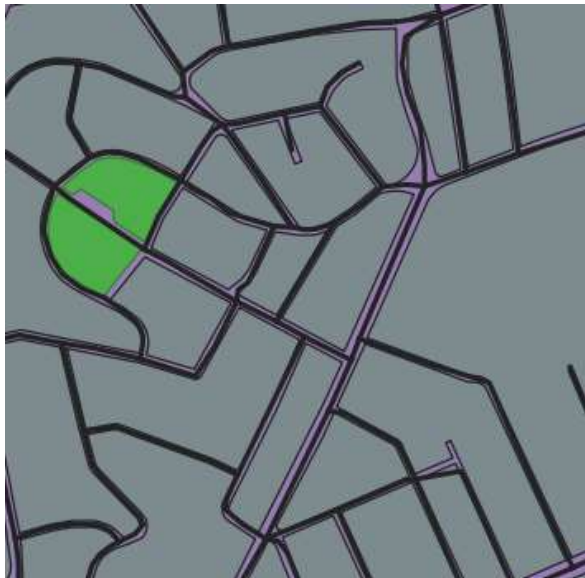
**UPDATE streets**  
**SET cost = ST\_LengthSpheroid( geom,**  
**'SPHEROID["GRS\_1980",6378137,298.257222101]' );**  
**UPDATE streets SET time\_cost = cost/500.;**

	gid	sys_cod_sg	cod_str	cod_type	str_type	str_name	w_sgm	geom	source	target	cost	time_cost
	[PK] integer	numeric	numeric	numeric	character var	character var	numeric	geom	integer	integer	double precis	double precis
1	1	28210.00000	155.0000000	1.000000000	ПІС/П».	РРµСЪPr...	20.00000000	01050000...	[null]	[null]	184.5690057	0.369138011
2	2	28262.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...	[null]	[null]	124.1180599	0.248236119
3	3	28234.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...	[null]	[null]	84.42354499	0.168847089
4	4	28677.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	20.00000000	01050000...	[null]	[null]	53.36676490	0.106733529
5	5	28235.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...	[null]	[null]	66.69000433	0.133380008
6	6	28274.00000	-1.000000000	0.000000000	[null]	П±/PS	10.00000000	01050000...	[null]	[null]	16.97908923	0.033958179

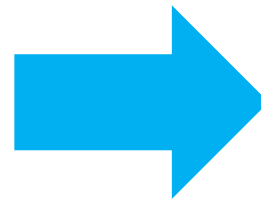
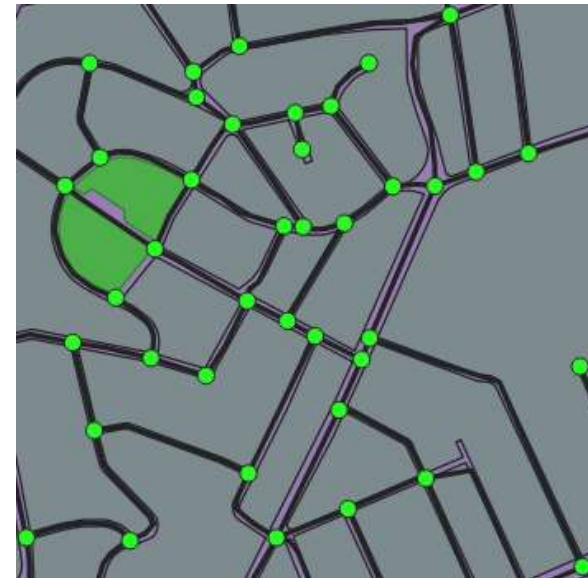
Total rows: 11104 of 11104 Query complete 00:00:00.461 Ln 1, Col 1

# Побудова топологічної моделі ВДМ у PgRouting

Сегменти геометричної моделі ВДМ



Сегменти та вузли топологічної моделі ВДМ



```
SELECT pgr_createTopology(
```

```
'streets',0.000001,'geom','gid','source','target', rows_where, clean);
```

Створюється таблиця вузлів `streets_vertices_pgr` та заповнюються записи атрибутів `source` та `target` таблиці `t_streets`

*pgr\_CreateTopology* – функція побудови топологічної моделі

# Контроль топології мережі ВДМ та його результат

*pgr\_analyzeGraph* - функція для перевірки топологічної узгодженості моделі ВДМ яка викликається наступною схемою:

```
SELECT pgr_analyzeGraph('streets', 0.00001, 'geom', 'gid');
```

*Приклад повідомлення функції pgr\_analyzeGraph*

ПОВІДОМЛЕННЯ: Виконання перевірок, зачекайте...

ПРИМІТКА: Аналіз тупиків. Будь ласка, зачекайте...

ПРИМІТКА: Аналіз на наявність прогалин. Будь ласка, зачекайте...

ПРИМІТКА: Аналіз ізольованих країв. Будь ласка, зачекайте...

ПРИМІТКА: Аналіз кільцевої геометрії. Будь ласка, зачекайте...

ПРИМІТКА: Аналіз перехресть. Будь ласка, зачекайте...

ПРИМІТКА: РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ДЛЯ ОБРАНИХ СЕГМЕНТІВ:

ПРИМІТКА: Ізольовані сегменти: 50

УВАГА: тупики: 1316

ПОВІДОМЛЕННЯ: потенційні прогалини, знайдені поблизу тупиків: 110

УВАГА: Виявлено перехресть: 118

УВАГА: Геометрії кільця: 10

Successfully run. Total query runtime: 2 secs 269 msec.

1 rows affected.

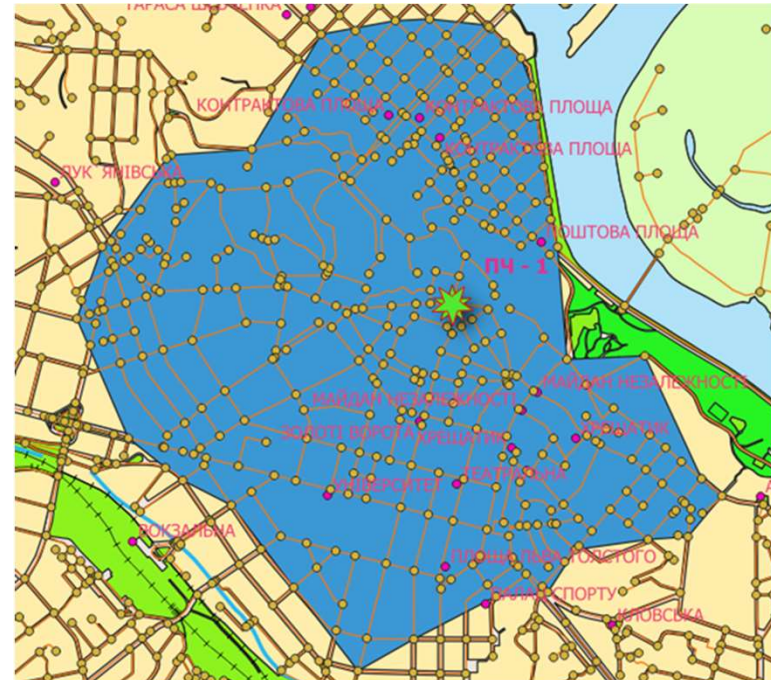
Результат контролю топології



## Типові запити для обчислення ізохрон

Побудова полігону ізохрони виконується за допомогою доповнення запиту з функцією *pgr\_drivingDistance* викликом функції *ST\_ConcaveHull ()* для побудови оболонки (можливо невіпуклої) навколо колекції обчислених точок вузлів ізохрони та візуалізації побудованої ізохрони за допомогою створення виду *isochrone\_plg*.

```
CREATE OR REPLACE VIEW isochrone_plg AS
SELECT 1 AS id,
ST_ConcaveHull(ST_Union(the_geom), 0.3)
FROM (
SELECT streets_vertices_pgr.the_geom
FROM pgr_drivingDistance(
'SELECT gid As id, source, target, time_cost as
cost
FROM streets', 1096, 5.0, false) AS di
JOIN streets_vertices_pgr on di.node =
streets_vertices_pgr.id);
```

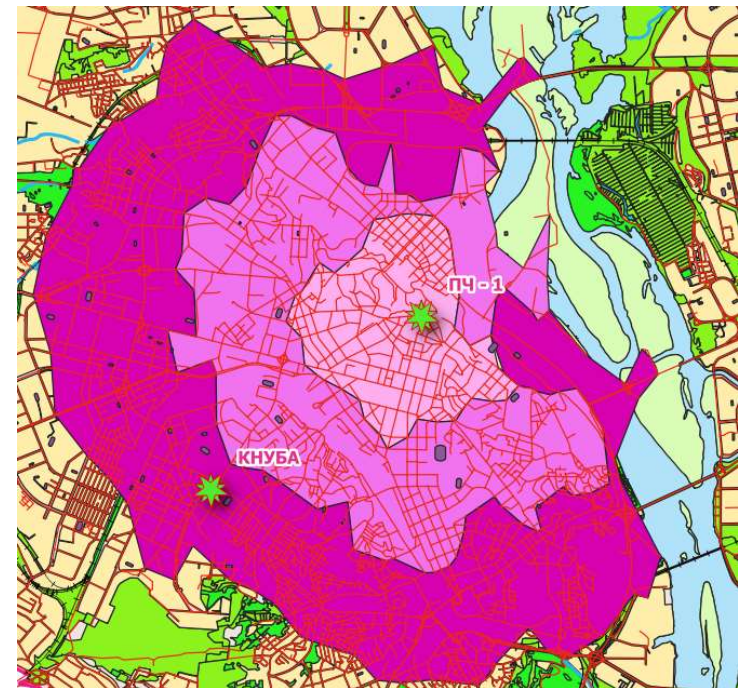


Візуалізація результату виконання запити побудови ізохрони

# Типові запити для обчислення різночасових ізохрон

Обчислення та візуалізація різночасових ізохрон виконується за допомогою створенням у БД таблиці `isochrone`, повторенням виконання запити побудови полігону ізохрони стільки разів, скільки різночасових ізохрон необхідно обчислити та збереженням обчислених ізохрон до створеної раніше таблиці.

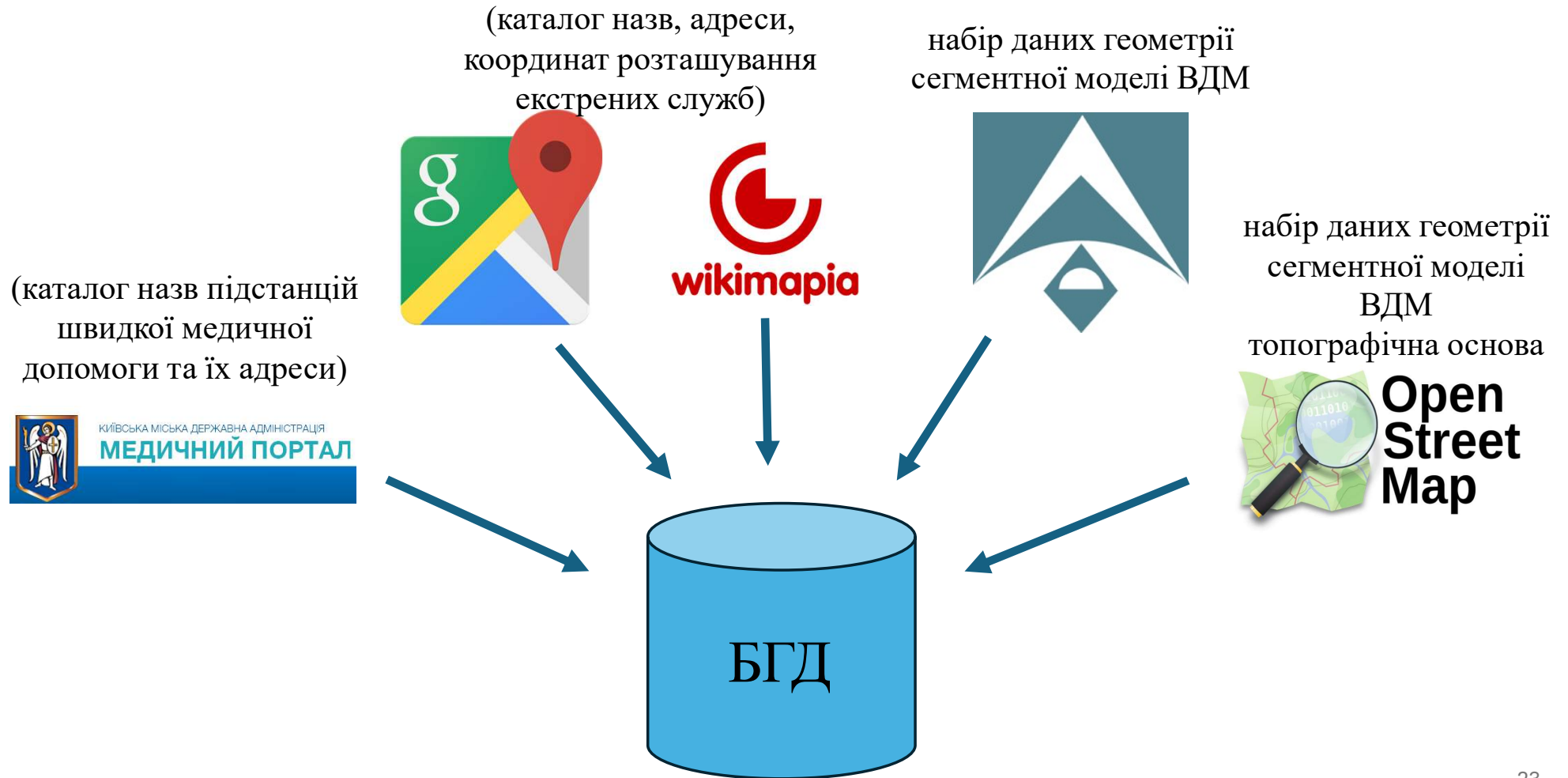
```
CREATE TABLE isochrone(  
gid serial PRIMARY KEY,  
iso_time double precision, -- час доступності  
geom geometry(POLYGON,4326));  
  
-- обчислення полігону ізохрони 5 хвилинної доступності  
WITH pg5 AS (  
SELECT ST_ConcaveHull(st_union(the_geom), 0.3) AS p5  
FROM (SELECT streets_vertices_pgr.the_geom FROM pgr_drivingDistance(  
'SELECT gid AS id, source, target, time_cost AS cost  
FROM streets', 1096, 5.0, false) AS di  
JOIN streets_vertices_pgr on di.node = streets_vertices_pgr.id)),  
  
-- обчислення полігону ізохрони 10 хвилинної доступності  
WITH pg10 AS (...),  
  
-- обчислення полігону ізохрони 15 хвилинної доступності  
WITH pg15 AS (...),  
INSERT INTO isochrone (iso_time, geom)  
VALUES  
(5.0, (SELECT p5::geometry FROM pg5)),  
(10.0, (SELEC p10::geometry FROM pg10)),  
(15.0, (SELEC p15::geometry FROM pg15));
```



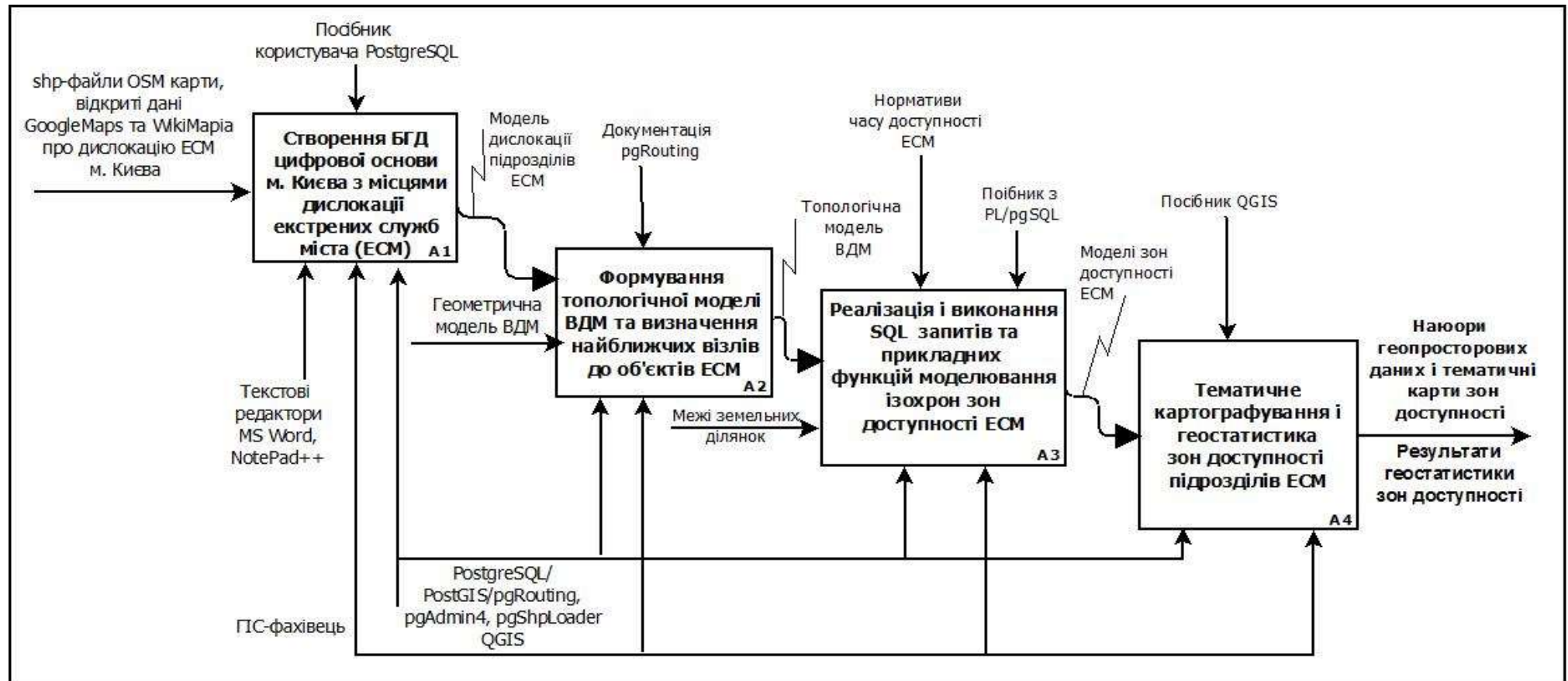
Візуалізація результату виконання запити побудови різночасових ізохрони

# РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ДОСТУПНОСТІ ЕКСТРЕНИХ СЛУЖБ МІСТА КИЄВА

# Вхідні дані для моделювання зон доступності екстрених служб



# Технологічна схема моделювання зон доступності в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS



# Формування вхідних даних дислокації екстрених служб

## *Створення таблиць БД для вихідних даних екстрених служб м. Києва*

для підрозділів пожежно-рятувальної служби

```
CREATE TABLE fire_stations (  
gid SERIAL NOT NULL PRIMARY KEY,  
s_name VARCHAR(8),  
spec_flg integer, -- ознака загального профілю  
net_node integer,  
dist_node double precision,  
name VARCHAR(64),  
address VARCHAR(64),  
geom geometry (POINT, 4326));
```

для станцій екстреної медичної допомоги

```
CREATE TABLE med_stations (  
gid SERIAL NOT NULL PRIMARY KEY,  
s_name VARCHAR(8),  
spec_flg integer, -- ознака загального профілю  
net_node integer,  
dist_node double precision,  
name VARCHAR(64),  
address VARCHAR(64),  
geom geometry (POINT, 4326));
```

# Формування вхідних даних дислокації підрозділів пожежно-рятувальної служби м. Києва форматі sql

*(пожежно-рятувальна служба м. Києва - 22 підрозділи)*

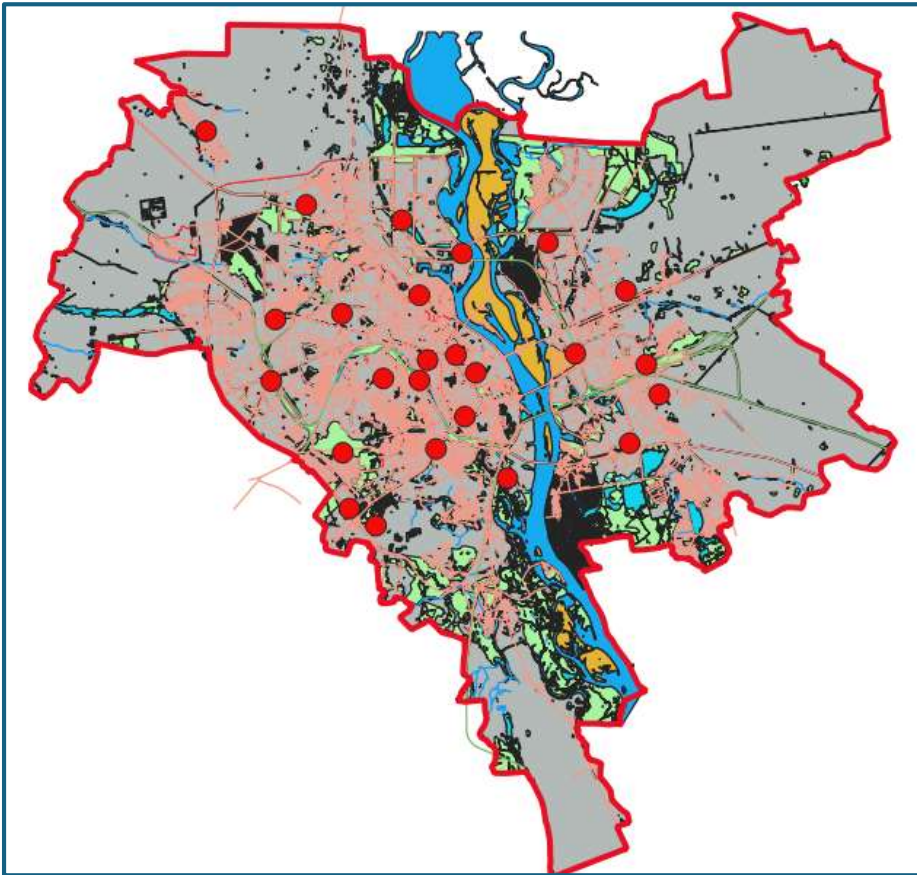
```
INSERT INTO fire_stations (s_name, spec_flg, name, address, geom)VALUES
('ПЧ-9',1,'Пожежна частина № 9','Берестейський проспект, 69/1','POINT(30.403333 50.457778)'),
('ПЧ-16',1,'Пожежна частина № 16','вул. Євгена Сверстюка, 54','POINT(30.608611 50.442778)'),
('ПЧ-13',1,'Пожежна частина № 13','Воскресенський просп., 27','POINT(30.590000 50.491389)'),
('ПЧ-8',1,'Пожежна частина № 8','Голосіївський просп., 56','POINT(30.513333 50.401111)'),
('ПЧ-26',1,'Пожежна частина № 26','просп. Академіка Глушкова, 1, пав. 26','POINT(30.472222 50.36750)'),
('ПЧ-44',1,'Пожежна частина № 44','вул. Василя Касіяна, 7','POINT(30.453889 50.37500)'),
('ПЧ-46',1,'Пожежна частина № 46','вул. Промислова, 8','POINT(30.562222 50.388333)'),
('ДПРЧ-5',1,'Державна пожежно-рятувальна частина № 5','11. вул. Вереснева, 13/59','POINT(30.666111 50.42500)'),
('ПЧ-Жлн',1,'Пожежна частина','Жуляни','POINT(30.449444 50.399444)'),
('ЗТС-ГУ',1,'Загін технічної служби ГУ ДСНС України у м. Києві','вулиця Джона Маккейна, 11','POINT(30.533056 50.415278)'),
('СПЧ-25',1,'25 спеціалізована пожежна частина','вул. Героїв полку «Азов», 6 - 25','POINT(30.49000 50.501111)'),
('ПЧ-10',1,'Пожежна частина № 10','вул. Квітки Цісик, 38','POINT(30.355833 50.540000)'),
('ДПРЧ-12',1,'Державна пожежно-рятувальна частина № 12','вул. Круглоуніверситетська, 20/1','POINT(30.526944 50.442222)'),
('ДПРЧ-19',1,'Державна пожежно-рятувальна частина № 19','вул. Кубанської України, 4а','POINT(30.643333 50.470278)'),
('СДПЧ-3',1,'Самостійна державна пожежна частина № 3','вул. Митрополита Василя Липківського, 33','POINT(30.477222 50.431944)'),
('СДПЧ-6',1,'Самостійна державна пожежна частина № 6','вул. Молдовська, 3а','POINT(30.448889 50.460278)'),
('ПЧ-14',1,'Пожежна частина № 14','вул. Нижньоюорківська, 5','POINT(30.501944 50.468333)'),
('ПЧ-24',1,'Пожежна частина № 24','вул. Олександра Кошиця, 3в','POINT(30.645833 50.403611)'),
('ПЧ-18',1,'Пожежна частина № 18','вул. Пшенична, 3','POINT(30.400556 50.430833)'),
('СДПЧ-1',1,'Самостійна державна пожежна частина № 1','вул. Рибальська, 14/16','POINT(30.540556 50.434444)'),
('ДПЧ-7',1,'Державна пожежна частина №7','вул. Світлицького, 37','POINT(30.424444 50.507778)'),
('ПЧ-4',1,'Пожежна частина № 4','вул. Тарасівська, 4','POINT(30.5075 50.4400));
```

# Формування вхідних даних дислокації станцій екстреної медичної допомоги у форматі sql

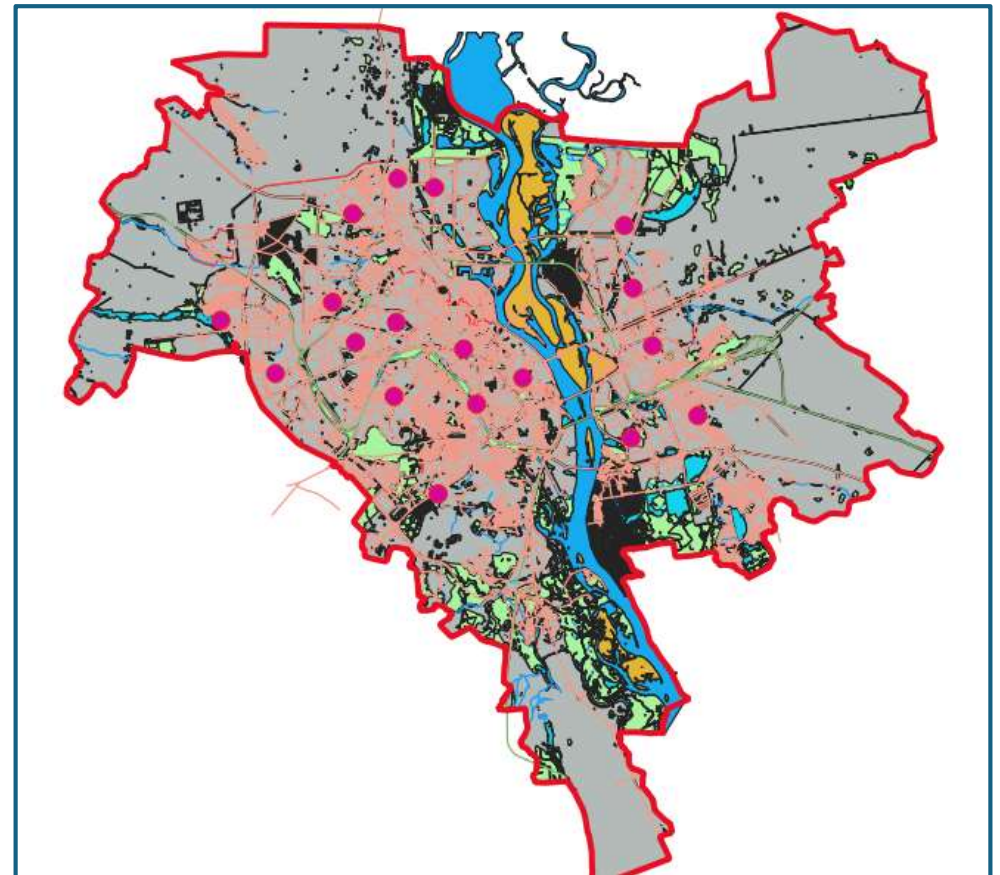
*(18 станцій екстреної медичної допомоги м. Києва)*

```
INSERT INTO med_stations (s_name, spec_flg, name, address, geom)VALUES
('ПШМД-18',1,'Підстанція №18 швидкої медичної допомоги','просп. Маршала Рокоссовського, 2А','POINT(30.460123156934127
50.52017161683922)'),
('ПШМД-17',1,'Підстанція №17 швидкої медичної допомоги','вул. Урлівська, 13','POINT(30.61795743064682 50.408223241386516)'),
('ПШМД-16',1,'Підстанція №16 швидкої медичної допомоги','вул. Прилужна, 6','POINT(30.340483540175185 50.45911080080569)'),
('ПШМД-15',1,'Підстанція №15 швидкої медичної допомоги','вул. Героїв Енергетиків, 7','POINT(30.613337590055398 50.49999214428401)'),
('ПШМД-14',1,'Підстанція №14 швидкої медичної допомоги','вул. Олекси Тихого, 89','POINT(30.43156293681145 50.44954732223455)'),
('ПШМД-13',1,'Підстанція №13 швидкої медичної допомоги','вул. Ямська, 43','POINT(30.513455316143506 50.422866660483486)'),
('ПШМД-12',1,'Підстанція №12 швидкої медичної допомоги','вул. Джеймса Мейса, 3','POINT(30.45762829091386 50.42618409353791)'),
('ПШМД-11',1,'Підстанція №11 швидкої медичної допомоги','вул. Братиславська, 3а','POINT(30.619258244908934 50.47293952430784)'),
('ПШМД-10',1,'Підстанція швидкої медичної допомоги № 10','вул. Героїв Дніпра, 2','POINT(30.485 50.5163889)'),
('ПШМД-9',1,'Підстанція № 9 швидкої медичної допомоги','вул. Дениса Антіпова, 54','POINT(30.663057458368556 50.417860255105595)'),
('ПШМД-8',1,'Підстанція №8 швидкої медичної допомоги','вул. Якуба Коласа, 15А','POINT(30.377379396102246 50.43609850949397)'),
('ПШМД-7',1,'Підстанція №7 швидкої медичної допомоги','просп. Європейського Союзу, 64А','POINT(30.42961033489416 50.5050267194095)'),
('ПШМД-6',1,'Підстанція №6 швидкої медичної допомоги','вул. Зоологічна, 3Б','POINT(30.459163529541083 50.458195819795264)'),
('ПШМД-5',1,'Підстанція №5 швидкої медичної допомоги','вул. Князів Острозьких, 40В','POINT(30.544648659929276 50.43414849649795)'),
('ПШМД-4',1,'Підстанція №4 швидкої медичної допомоги','вул. Януша Корчака, 23/2','POINT(30.416015468283856 50.466819314037124)'),
('ПШМД-3',1,'Підстанція №3 швидкої медичної допомоги','вул. Героїв Оборони, 3','POINT(30.487496994263722 50.38402829009643)'),
('ПШМД-2',1,'Підстанція №2 швидкої медичної допомоги','вул. Пластова, 6, Київ, 02000','POINT(30.6324028907916 50.448123968153325)'),
('ПШМД-1',1,'Київська міська станція ШМД, ПШМД № 1','вул. Богдана Хмельницького, 37б','POINT(30.5047222 50.4466667));
```

## Геопросторові моделі місць дислокації екстрених служб м. Києва

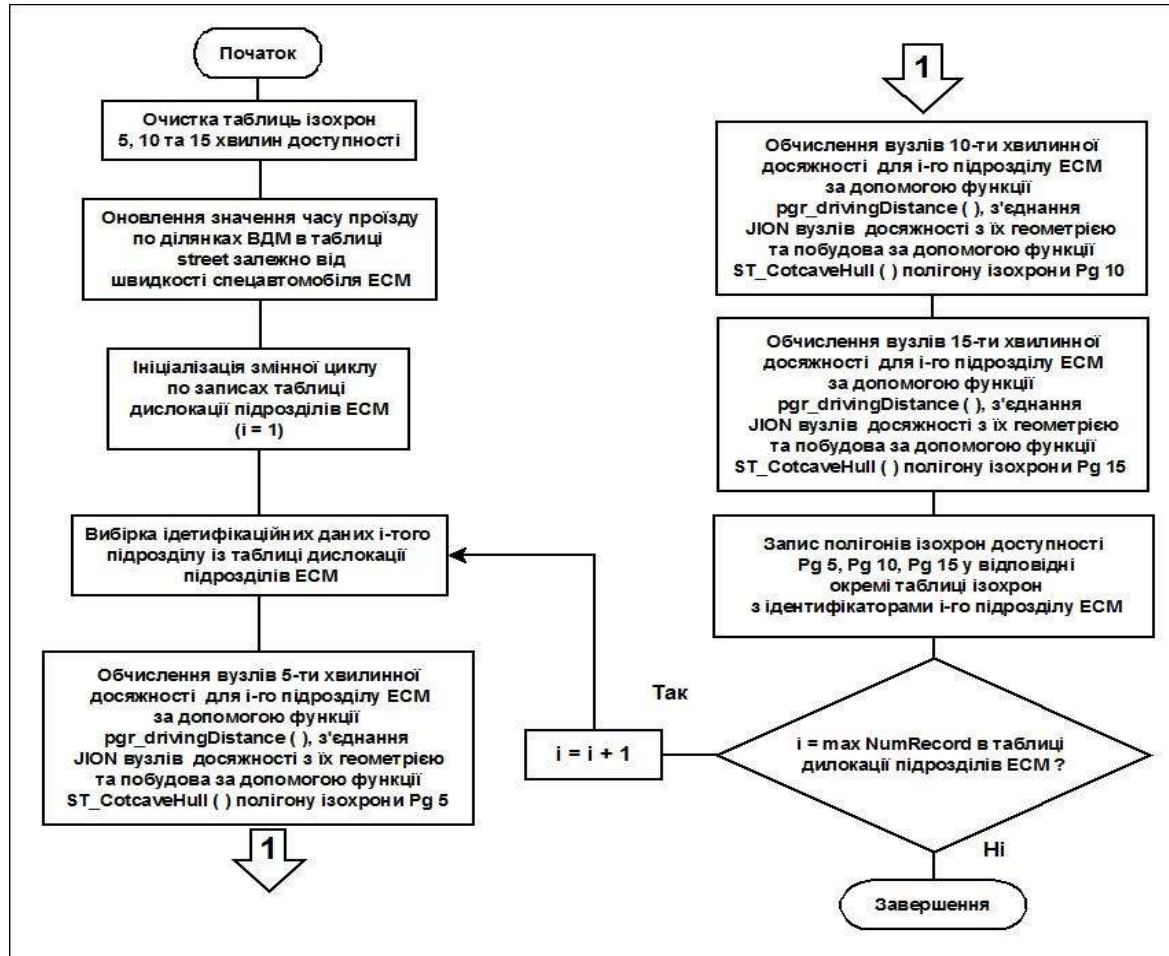


Дислокація підрозділів пожежно-рятувальної служби



Дислокація станцій екстреної медичної допомоги

# Реалізація прикладних SQL-функцій для моделювання зон доступності



**Блок-схема алгоритму SQL функції побудови ізохрон 5-, 10-, 15-ти хвилинної доступності для підрозділів екстрених служб міста**

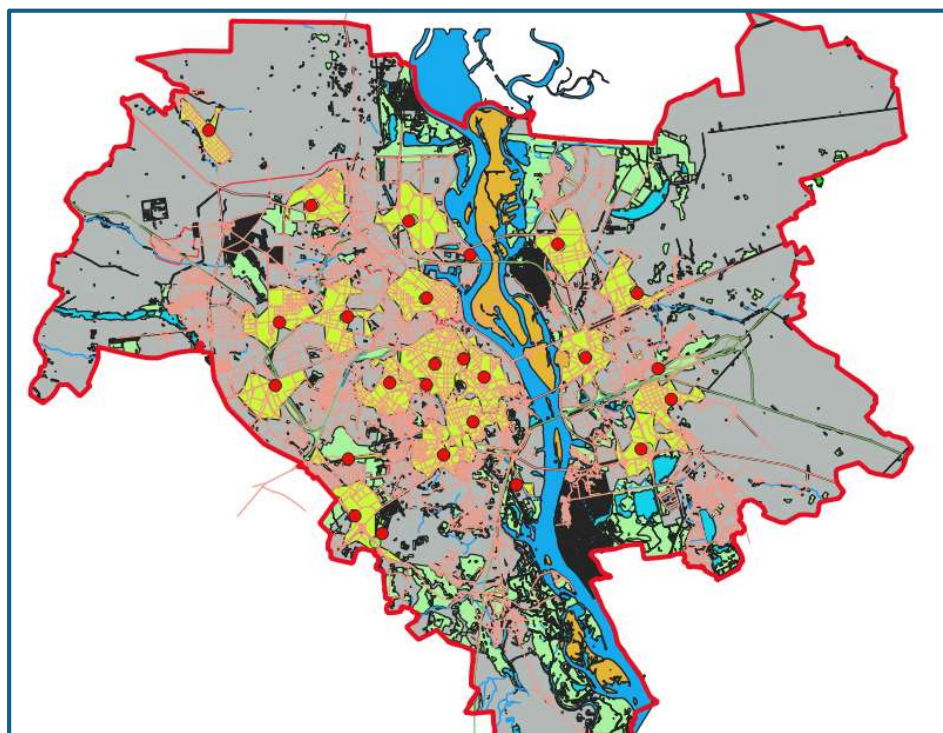
# Програмний код SQL функції побудови ізохрон 5-, 10-, 15-ти хвилинної доступності для підрозділів екстрених служб міста

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION _med_isochrone() RETURNS
text AS
$BODY$
DECLARE
i record; pg5 geometry; pg10 geometry; pg15 geometry;
BEGIN
TRUNCATE med_isochrone05;
TRUNCATE med_isochrone10;
TRUNCATE med_isochrone15;
UPDATE street SET time_cost = cost/667.;
FOR i IN (SELECT gid,s_name,spec_flg,net_node
FROM med_stations)
LOOP
IF i.spec_flg = 1 THEN
pg5 = (SELECT ST_ConcaveHull(st_union(the_geom), 0.3) FROM
(SELECT street_vertices_pgr.the_geom FROM
pgr_drivingDistance (
'SELECT gid AS id, source,
target, time_cost AS cost
FROM street', i.net_node, 5.0,
false) AS di
JOIN street_vertices_pgr on di.node =
street_vertices_pgr.id));
```

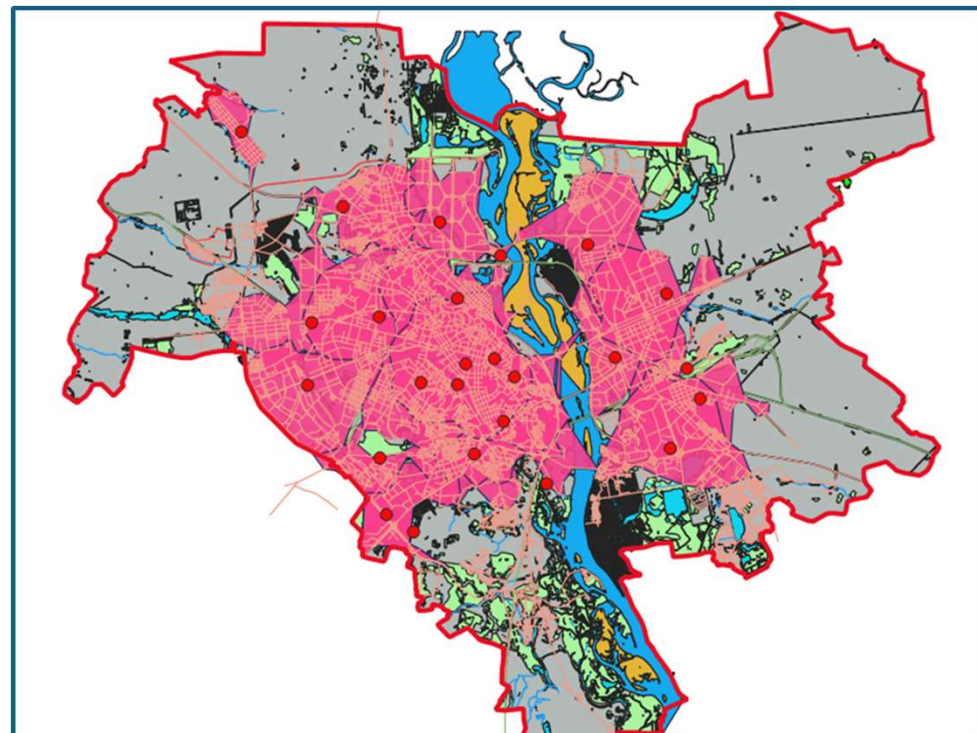
```
pg10 =(SELECT ST_ConcaveHull(st_union(the_geom), 0.3)
FROM (SELECT street_vertices_pgr.the_geom
FROM pgr_drivingDistance (
'SELECT gid AS id, source,
target, time_cost AS cost
FROM street', i.net_node, 10.0, false) AS di
JOIN
street_vertices_pgr on di.node = street_vertices_pgr.id));
pg15 = (SELECT ST_ConcaveHull(st_union(the_geom), 0.3)
FROM (SELECT street_vertices_pgr.the_geom
FROM pgr_drivingDistance(
'SELECT gid AS id, source,
target, time_cost AS cost
FROM street', i.net_node,
15.0, false) AS di
JOIN street_vertices_pgr on di.node =
street_vertices_pgr.id));
INSERT INTO med_isochrone05 (s_name,iso_time, geom)
VALUES (i.s_name, 5, pg5);
INSERT INTO med_isochrone10 (s_name,iso_time, geom)
VALUES (i.s_name, 10, pg10);
INSERT INTO med_isochrone15 (s_name,iso_time,
geom)VALUES (i.s_name, 15, pg15);
END IF; END LOOP; 'Done';END; $BODY$
LANGUAGE plpgsql COST 100;a
B
```

# Результати геоінформаційного моделювання зон доступності підрозділів пожежно-рятувальної служби

*Зони 5-ти хвилинної доступності*

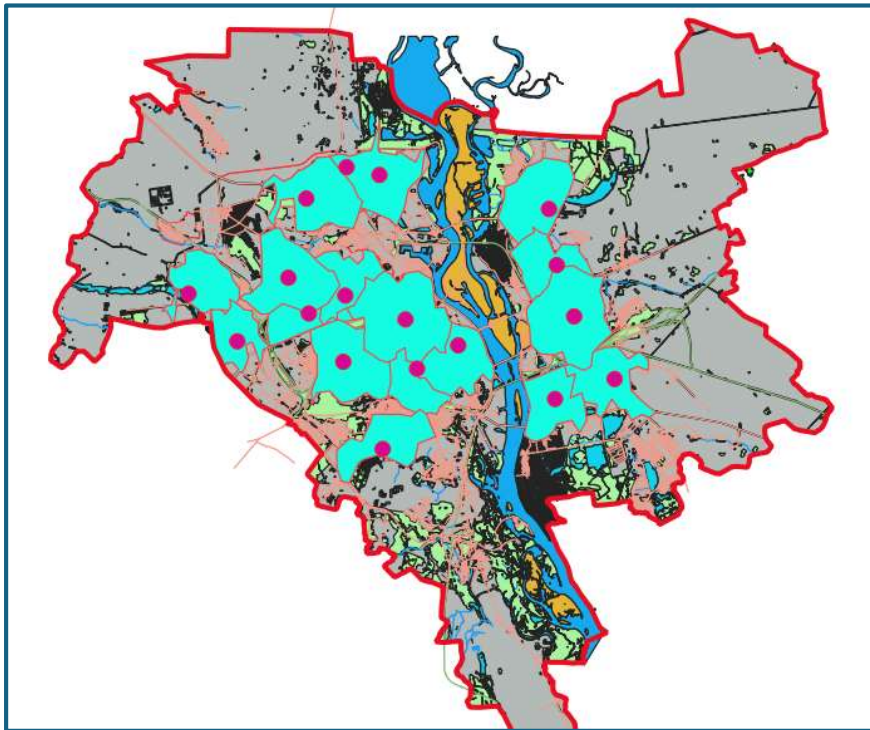


*Зони 10-ти хвилинної доступності*

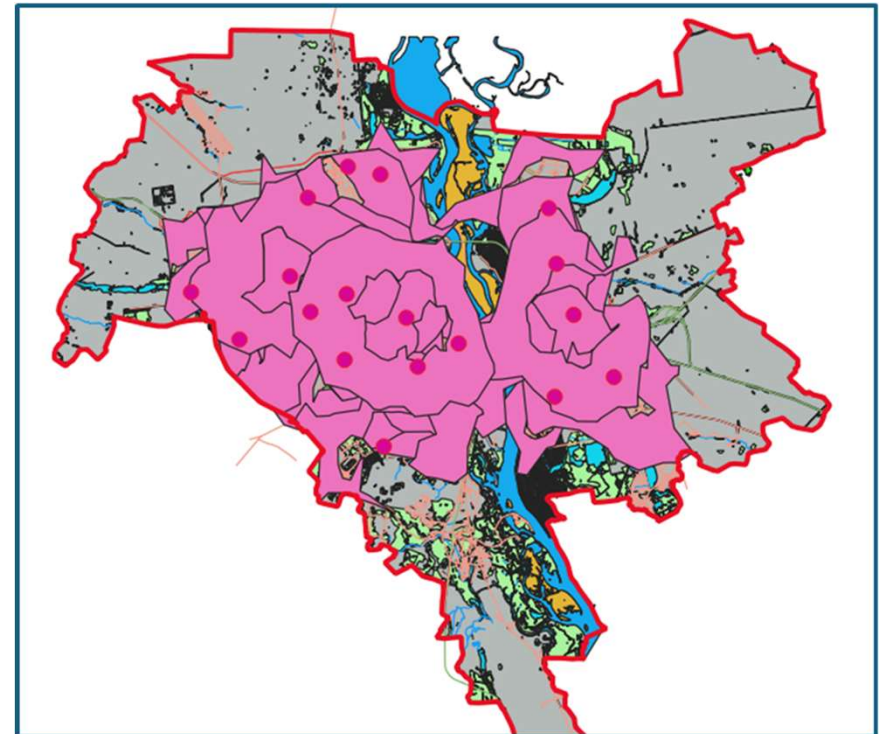


# Результати геоінформаційного моделювання зон доступності станцій екстреної медичної допомоги

*Зони 5-ти хвилинної доступності*

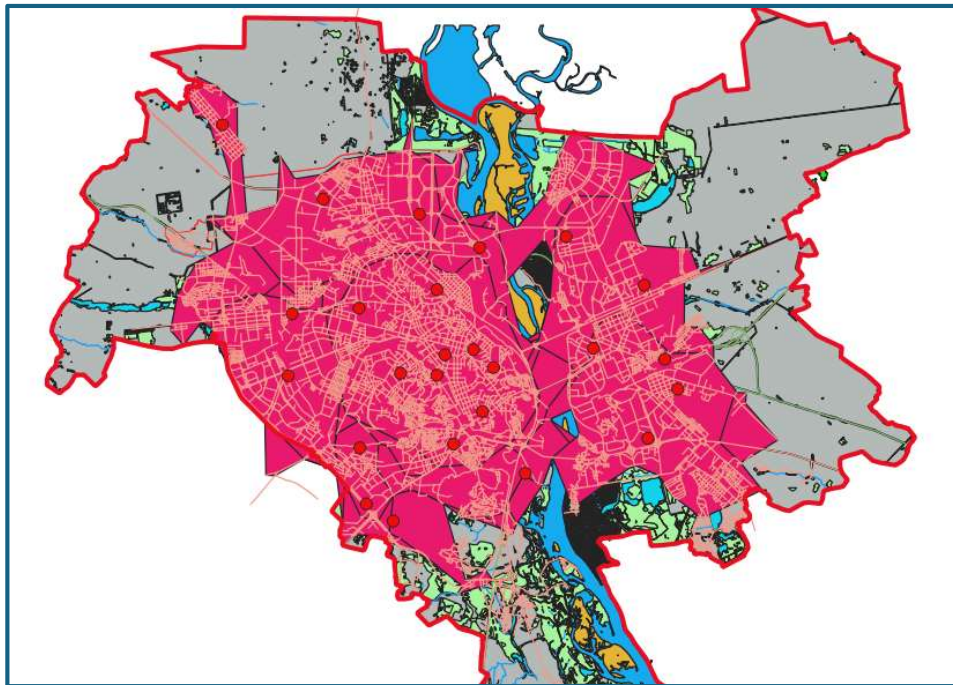


*Зони 10-ти хвилинної доступності*

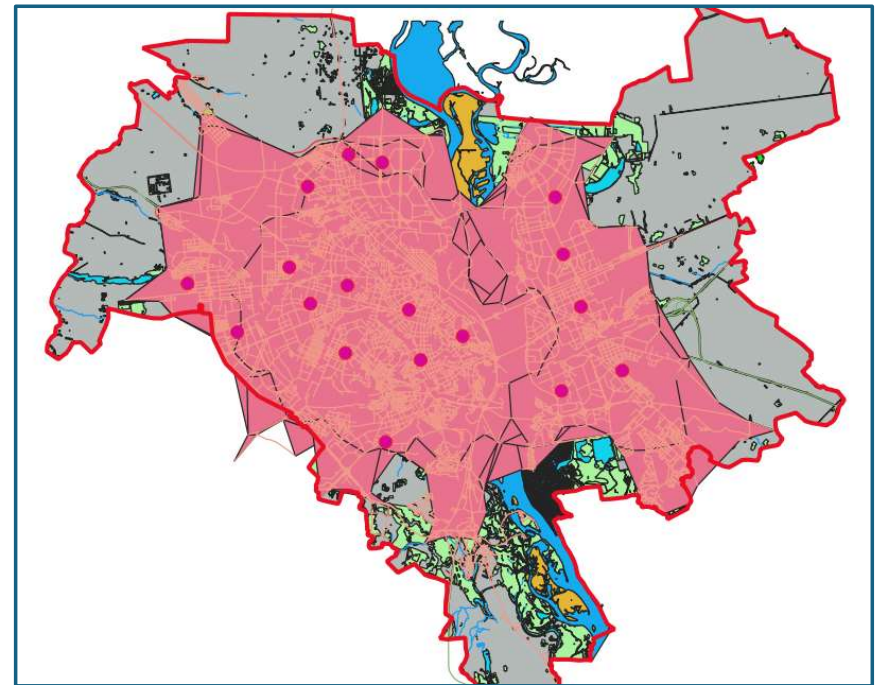


# Результати геоінформаційного моделювання зон доступності екстрених служб міста Києва

*Зони 15-ти хвилинної доступності підрозділів пожежно-рятувальної служби*

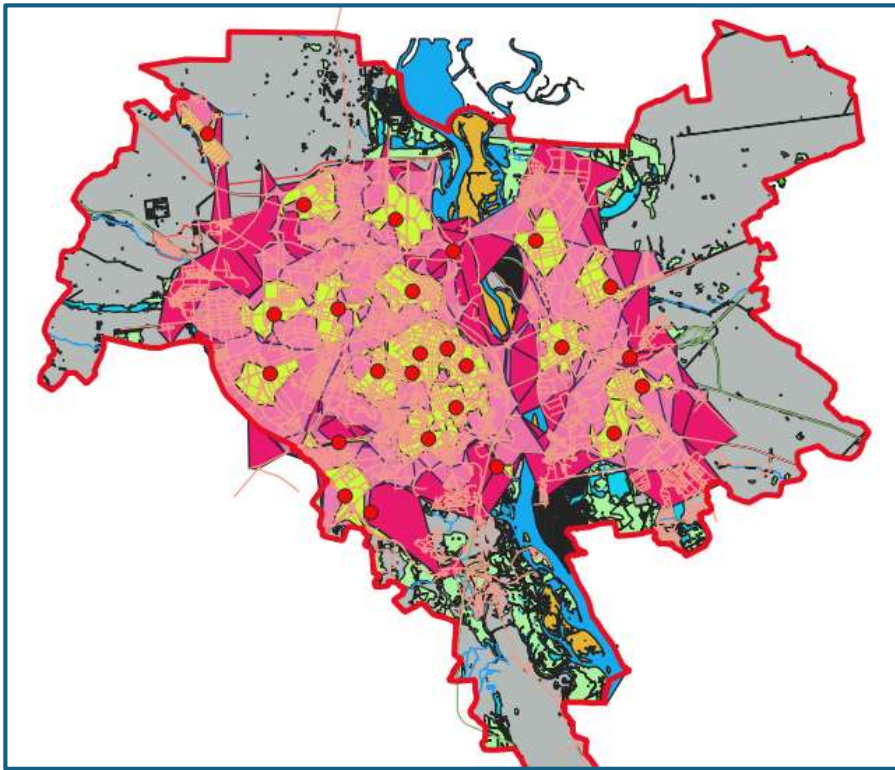


*Зони 15-ти хвилинної доступності станцій екстреної медичної допомоги*

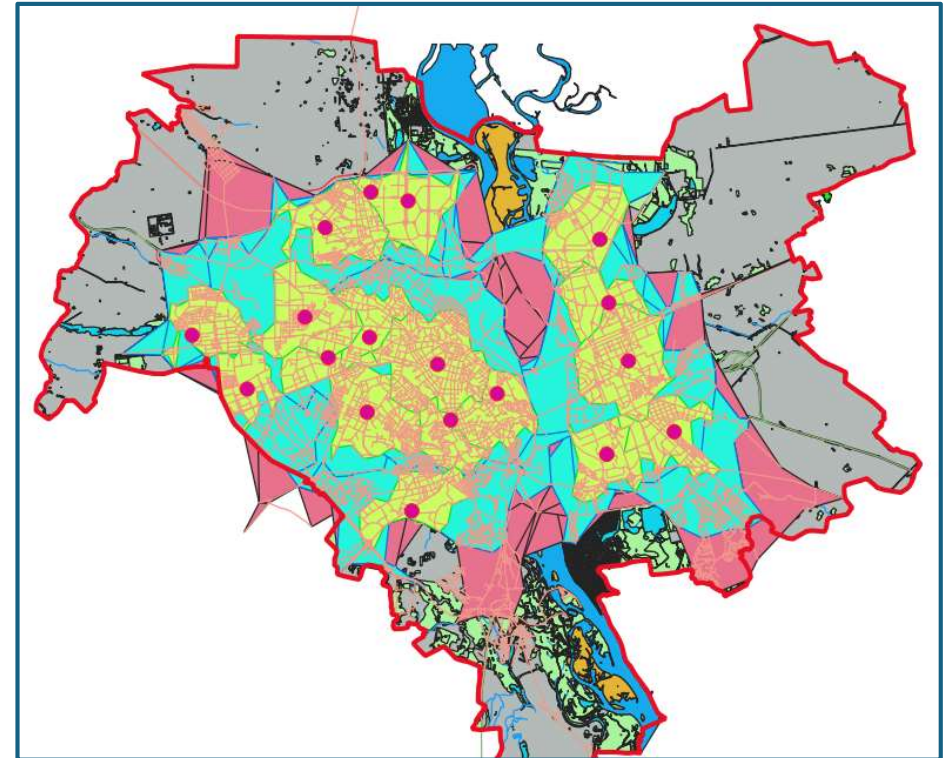


# Результати геоінформаційного моделювання зон доступності екстрених служб міста Києва

*Зони різночасових ізохрон (5-ти, 10-ти та 15-ти хвилинної) доступності підрозділів пожежно-рятувальної*

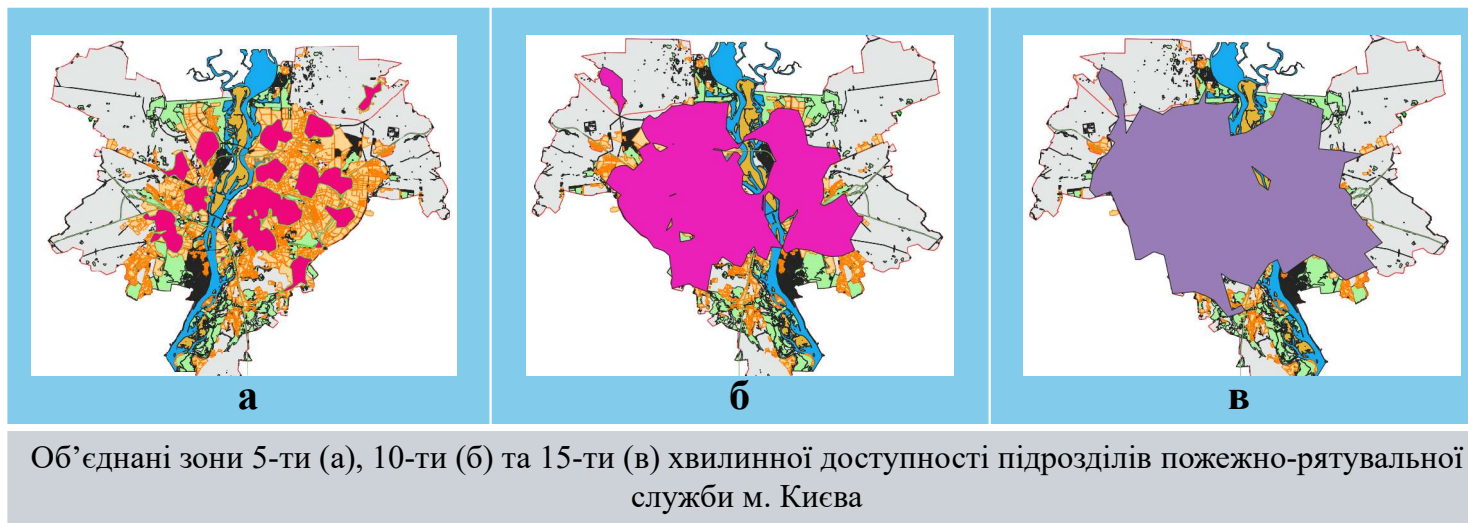


*Зони різночасових ізохрон (5-ти, 10-ти та 15-ти хвилинної) доступності станцій екстреної медичної допомоги*

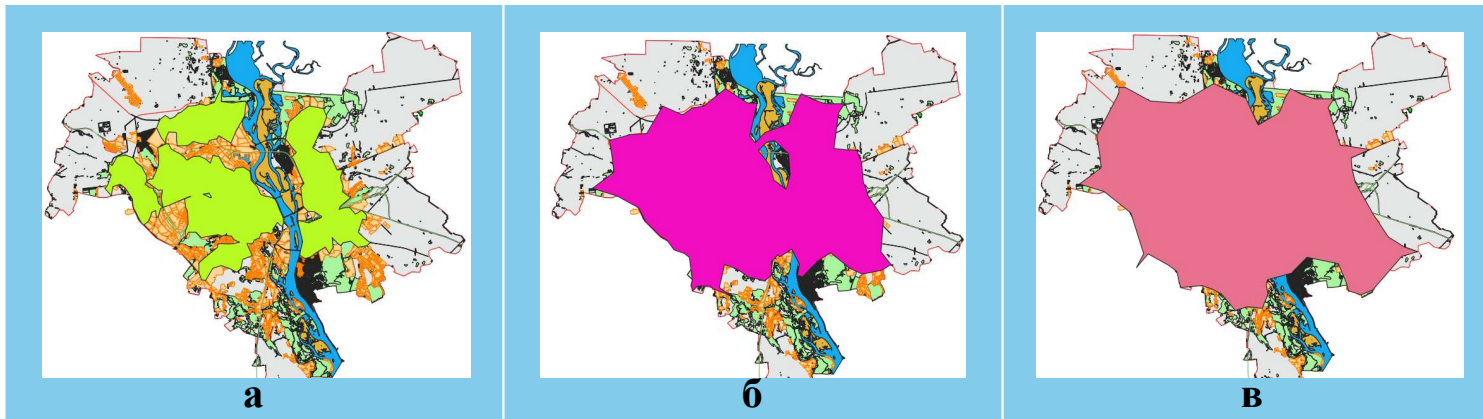


# Геостатистичний аналіз результатів моделювання зон доступності екстрених служб міста Києва

Для просторового аналізу використовувались полігони об'єднаних зон доступності певного часового інтервалу усіх підрозділів екстрених служби, набори геопросторових даних кварталів забудови та будівель в межах міста, а також SQL запит для виконання самого просторового аналізу. Результати просторового аналізу охоплення території забудованих кварталів м. Києва, зонами доступності підрозділів пожежно-рятувальної служби та станцій екстреної медичної допомоги міста подані у таблицях.



# Геостатистичний аналіз результатів моделювання зон доступності екстрених служб міста Києва



Об'єднані зони 5-ти (а), 10-ти (б) та 15-ти (в) хвилинної доступності підрозділів пожежно-рятувальної служби м. Києва

# Геостатистичний аналіз результатів моделювання зон доступності екстрених служб міста Києва

Результати просторового аналізу охоплення території забудованих кварталів м. Києва, зонами доступності підрозділів пожежно-рятувальної служби міста

Відсоток площі території забудованих кварталів по зонах доступності		
зона 5 хвилин	зона 10 хвилин	зона 15 хвилин
33.53 %	80.13 %	90.79 %
Відсоток будівель по зонах доступності		
зона 5 хвилин	зона 10 хвилин	зона 15 хвилин
31.51%	74.04 %	88.76 %

Результати просторового аналізу охоплення території забудованих кварталів м. Києва, зонами доступності станцій екстреної медичної допомоги міста

Відсоток площі території забудованих кварталів по зонах доступності		
зона 5 хвилин	зона 10 хвилин	зона 15 хвилин
58.99 %	89.47 %	94.36%
Відсоток будівель по зонах доступності		
зона 5 хвилин	зона 10 хвилин	зона 15 хвилин
55.36 %	87.42 %	90.47 %

## Загальні висновки

В роботі вирішені поставлені завдання щодо розроблення геоінформаційної системи моделювання зон доступності міських екстрених служб м. Києва.

Розроблено прикладні SQL функції для автоматизації обчислення ізохрон і побудови полігонів зон 5-ти, 10-ти та 15-ти хвилинної доступності підрозділів пожежно-рятувальної служби та станцій екстреної медичної допомоги міста Києва

Результати просторового аналізу охоплення території міста Києва зонами 10-хвилинної нормативної доступності для екстрених служб міста засвідчують про 81 – 89% охопленість площі забудованих кварталів зонами доступності підрозділів ЕСМ, 100% охопленість центральних та інших районів міста та неохопленість цими зонами забудованих кварталів на північних та південних околицях міста.

Виконане дослідження підтверджує ефективність використання засобів СКБД PostgreSQL з функціональними розширеннями PostGIS та pgRouting для геоінформаційного моделювання зон доступності екстрених служб великого міста, оскільки СКБД PostgreSQL та засоби мережного розширення pgRouting дозволяють ефективно опрацьовувати з моделі великих транспортних мереж, максимальний розмір яких обмежується лише потужністю сервера бази даних.

Отримання достовірних і точних результатів моделювання потребує ретельної підготовки вхідних даних геометричної моделі вулично-дорожньої мережі та місць дислокації підрозділів екстрених служб міста, а також наявності доступу до актуальної цифрової топографічної основи на територію міста.

**Дякую за увагу!**