

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І  
АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра геоінформатики та фотограмметрії

(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до атестаційної випускної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в  
туризмі»

Виконав: студент 6 курсу, групи ГІСТ-61  
напряму підготовки (спеціальності)

193 «Геодезія та землеустрій»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Степанов М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лепетюк В.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Лазоренко-Гевель Н. Ю.

(прізвище та ініціали)

Київ, 2021 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

\_\_\_\_\_ проф., к.т.н. Нестерненко О. В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

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

Степанова Максима

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** «Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі» затверджена наказом ректора КНУБА № 1653/2 від «16» вересня 2021 року

**2. Керівник роботи** доц., к.т.н. Лепетюк Вікторія Борисівна

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

**3. Строк подання студентом роботи до захисту:** 13 грудня 2021 р.

**4. Зміст пояснювальної записки за розділами:**

P.1. Аналіз предметної сфери та об'єктів дослідження.

P.2. Методичні засади моделювання транспортної логістики.

P.3. Апробація методики моделювання транспортної логістики в туризмі в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS.

P.4. Створення оптимальних турів за допомогою геоінформаційних технологій в QGIS.

**5. Графічний матеріал за розділами**

P.1. Структура дослідження; схема/таблиця способів застосування ГІС технологій в транспортній логістиці; таблиця результатів порівняльного аналізу методів побудови турів геоінформаційними методами.

P.2. Схема нормативної бази формування туру в середовищі БГД; схема розроблення моделі БГД транспортної логістики; логічна і концептуальна моделі БГД транспортно-логістичних об'єктів туристичної інфраструктури; фрагмент каталогу класів геопросторових об'єктів туристичної інфраструктури; технологічна схема формування туру з використанням бази геопросторових даних.

Р.3. Схема БГД турів в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS. Таблиці БГД транспортно-логістичних об'єктів туристичної інфраструктури.

Р.4. Схеми турів, сформованих у QGIS.

## 6. Календарний план виконання роботи:

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )
Розділ 1. Аналіз предметної сфери та об'єктів дослідження. Стан розвитку логістики та туристичних перевезень в Україні. Огляд реалізованих з використанням ГІС технологій проектів.	30.09.2021
Розділ 2. Методичні засади моделювання транспортної логістики. Аналіз нормативно-правового забезпечення формування турів. Розроблення моделі БГД транспортної логістики. Формування туру з використанням бази геопросторових даних.	15.10.2021
Розділ 3. Апробація методики моделювання транспортної логістики в туризмі в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS. Формування БГД турів в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS.	15.11.2021
Розділ 4. Створення оптимальних турів за допомогою геоінформаційних технологій в QGIS.	30.11.2021
Остаточне оформлення роботи	02.12.2021
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	03.12.2021
Попередній захист роботи на кафедрі	13.12.2021

## 7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Кучеренко Н.М., ст. викладач		
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

## 8. Дата видачі завдання 17 вересня 2021 р.

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

Керівник \_\_\_\_\_ Лепетюк В.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент \_\_\_\_\_ Степанов М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## Резюме

<b>РЕЗЮМЕ (summary)</b> до атестаційної випускної роботи студента:		Степанова Максима	
Тема	Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі		
Освітній ступінь	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Геоінформаційних систем та управління територіями		
Кафедри	Геоінформатики та фотограмметрії		
Спеціальність	193 Геодезія та землеустрій		
Спеціалізація	Геоінформаційні системи і технології		
Керівник	Лепетюк Вікторія Борисівна, к.г.н, доцент		
Обсяг роботи	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А4
	112	4	19
Розділ 1	Аналіз предметної сфери та об'єктів дослідження.		
Розділ 2	Методичні засади моделювання транспортної логістики. Аналіз нормативно-правового забезпечення формування турів. Розроблення моделі БГД транспортної логістики.		
Розділ 3	Апробація методики моделювання транспортної логістики в туризмі в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS. Формування БГД турів в середовищі СКБД PostgreSQL/PostGIS.		
Розділ 4	Створення оптимальних турів за допомогою геоінформаційних технологій в QGIS.		
Висновки по роботі:	Виконано аналіз предметної сфери, вивчено методи моделювання транспортної логістики. Розроблено моделі БГД для забезпечення логістики туризму, каталог об'єктів та атрибутів, виконано її дослідну реалізацію. Вирішено задачу прокладання найоптимальнішого маршруту по графу вулично-дорожньої мережі міста та задачу комівояжера за допомогою інструментів QGIS.		
<p><b>Ключові слова:</b> транспортна логістика, туризм, прокладання шляху, задача комівояжера, ГІС-технології</p> <p><b>Keywords:</b> transport logistics, tourism, path finding, traveling salesman problem, GIS-technologies</p>			

Укладач: \_\_\_\_\_ / Степанов М./

Керівник: \_\_\_\_\_ / Лепетюк В. Б. /

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ ТА ОБ’ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	8
1.1. Характеристика предметної сфери логістики в туризмі .....	9
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ .....	28
2.1. Аналіз нормативно-правового забезпечення формування турів .....	29
2.2. Методика проектування турів.....	33
2.3. Форми даних в геоінформації.....	35
2.4. Моделі даних бази геопросторових даних.....	36
2.5. Моделювання транспортної логістики. Задачі транспортної логістики.....	37
2.6. Моделі бази геопросторових даних транспортної логістики.....	55
РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В ТУРИЗМІ В СЕРЕДОВИЩІ СКБД POSTGRESQL/POSTGIS.....	78
РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТУРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В QGIS .....	85
4.1. Прокладання маршруту між двома точками .....	86
4.2. Задача комівояжера.....	98
ВИСНОВКИ.....	104
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	105
ДОДАТКИ.....	111

## ВСТУП

Туризм є однією із важливих та щорічно зростаючих галузей світової економіки. Розвиток туризму є каталізатором зростання рівня життя населення, створення робочих місць, вдосконалення виробничих підприємств, транспортної інфраструктури тощо.

Актуальним питанням протягом останніх кількох років є розвиток туризму та туристичної інфраструктури і в Україні.

Важливим завданням туристичної галузі є забезпечення найбільш ефективної логістики переміщення туристів, яка буде забезпечувати компроміс між інтересами туристів, туристичних організацій та агентів та держави.

Крім того, спеціалісти, які працюють в галузі туризму, та споживачі туристичного продукту потребують достовірної та комплексної картографічно представленої інформації про рекреаційні ресурси, об'єкти туризму та туристичної інфраструктури тощо. Відомості про оптимальні за часом або іншими ресурсами туристичні маршрути відносяться до такої інформації.

Метою дипломної роботи є вивчення способів використання геоінформаційних технологій для вирішення завдань транспортної логістики у туризмі, пошук шляхів оптимізації автоматизованого створення туристичних маршрутів засобами ГІС.

Завдання дослідження:

1. Виконати огляд та аналіз предметної сфери транспортної логістики у туризмі, раніше виконаних наукових досліджень з цієї теми, нормативно-правової бази туризму.
2. Розробити моделі бази даних транспортної логістики в туризмі у СКБД PostgreSQL/PostGIS.
3. Виконати прокладання оптимальних туристичних маршрутів за допомогою інструментів QGIS.

Об'єкт дослідження - транспортна логістика як явище та її застосування в туризмі

Предмет дослідження - методи прокладання оптимальних туристичних маршрутів за допомогою ГІС-технологій.

Наукова новизна дослідження полягає у новій дослідній території.

Практична цінність даних розробок полягає у тому, що результати роботи можуть бути використані у кількох сферах діяльності: як при провадженні підприємницької діяльності у галузі туризму, так і при проведенні державної політики у цій галузі. Розроблена автоматизована методика прокладання туристичних маршрутів при її впровадженні у туристичних підприємствах дозволить підвищити їх ефективність при створенні туристичного продукту. Зокрема, є можливість економії важливих для підприємства ресурсів, таких як робочий час працівників, заробітна плата та ін.

У якості вихідних даних дипломної роботи взято шари даних із відкритого джерела OpenStreetMap.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів та додатків.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ ТА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА			
Виконав		Степанов М.			<i>Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.							20	131
Керівник		Лепетюк В.Б.				КНУБА, група ГІСТ-61		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ ТА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Характеристика предметної сфери логістики в туризмі

#### *Логістика, її мета, завдання, функції, класифікація*

Логістика – наука про планування, організацію, управління, контроль і регулювання переміщення матеріальних та інформаційних потоків у просторі і в часі від їхнього первинного джерела до кінцевого споживача.

Головна ідея логістики – організація у рамках єдиного потокового процесу переміщення матеріалів та інформації вздовж усього ланцюга від виробника до споживача. Принципи логістичного підходу вимагають інтеграції матеріально-технічного забезпечення, виробництва, транспорту, збуту і передачі інформації про пересування товарно-матеріальних цінностей в єдину систему, що повинно підвищити ефективність роботи у кожній із цих сфер і міжгалузеву ефективність.

Таким чином, мета логістики – це оптимізація циклу відтворення шляхом комплексного, орієнтованого на потребу, формування потоку матеріалів та інформації у виробництві та розподілі продукції

Найчастіше мету логістичної діяльності пов'язують з виконанням так званих правил логістики. Найбільш розповсюдженим підходом є виділення «шести правил логістики», так званого логістичного міксу чи комплексу логістики:

- продукт – потрібний продукт;
- кількість – у необхідній кількості;
- якість – необхідної якості;
- час – необхідно доставити у потрібний час;
- місце – у потрібне місце;- витрати – з мінімальними витратами

Головна мета логістики конкретизується в її завданнях, які за ступенем значимості розділяють на три групи:

- глобальні;
- загальні;
- часткові (локальні).

Логістика за своєю сутністю в процесі управління господарською діяльністю виконує інтеграційні функції. Тому незалежно від виду логістичної системи до її глобальних завдань відносять:

- створення комплексних інтегрованих систем матеріальних, інформаційних, а якщо можливо, й інших потоків;
- стратегічне узгодження, планування і контроль за використанням логістичних потужностей сфер виробництва й обігу;
- постійне удосконалювання логістичної концепції в рамках обраної стратегії в ринковому середовищі;
- досягнення високої системної гнучкості шляхом швидкого реагування на зміни зовнішніх і внутрішніх умов функціонування.

Вирішення глобальних завдань не може бути реалізоване без постановки і вирішення загальних завдань. Умовою життєздатності логістичних систем усіх видів є розв'язання таких загальних завдань:

- здійснення наскрізного контролю за потоковими процесами в логістичних системах;
- розробка та удосконалювання способів управління матеріальними потоками;
- багатоваріантне прогнозування обсягів виробництва, перевезень, запасів і т.д.;
- виявлення незбалансованості між потребами виробництва і можливостями матеріально-технічного забезпечення, а також потребами у логістичних послугах під час збуту і можливостями логістичної системи;
- стандартизація вимог до якості логістичних послуг і окремих операцій;
- раціональне формування господарських зв'язків;
- виявлення центрів виникнення втрат часу, матеріальних, трудових і грошових ресурсів;
- оптимізація технічної та технологічної структури транспортноскладських комплексів;

- визначення стратегії та технології фізичного переміщення матеріальних ресурсів, напівфабрикатів, готової продукції;
- формалізація актуалізованих (поточних оперативних) логістичних цілей і параметрів функціонування логістичної системи.

Часткові завдання в логістиці мають локальний характер. Вони більш динамічні та різноманітні - оптимізація запасів усіх видів і на всіх етапах товароруху;

- максимальне скорочення часу зберігання продукції;
- скорочення часу перевезень;
- швидка реакція на вимоги споживачів;
- підвищення готовності до поставчань;
- зниження витрат в усіх ланках логістичного ланцюга;
- раціональний розподіл транспортних засобів;
- гарантування якісного післяпродажного обслуговування;
- підтримка постійної готовності до приймання, оброблення і видавання інформації;
- послідовність і поетапність просування через трансформаційні об'єкти і т.д.

Об'єктом логістики є матеріальні та пов'язані з ними трудові, енергетичні, фінансові, інформаційні потоки. Суб'єктами логістики є юридичні та фізичні особи, які беруть участь в процесі функціонування логістичної системи. Виділяють дві групи суб'єктів логістики:

- активні продуценти – суб'єкти логістики, які безпосередньо беруть участь у виконанні логістичних операцій та управлінні логістичним процесами, тобто елементи мікросередовища організації (підрозділи та служби підприємства, транспорту, збуту тощо);
- пасивні учасники – елементи макросередовища елементи макросередовища (постачальники, споживачі, посередники, виробнича та ринкова інфраструктура).

Логістика виконує перелічені нижче функції.

Інтегруюча функція. Логістика забезпечує синхронізацію процесів збування, зберігання і доставлення продукції з орієнтацією їх на ринок засобів виробництва і надання посередницьких послуг споживачам. Вона забезпечує узгодження інтересів логістичних посередників у логістичній системі. Логістика дозволяє здійснити перехід від часткових завдань до загальної оптимізації.

Регулююча функція. Логістичне управління матеріальними і супутніми потоками спрямоване на економію всіх видів ресурсів, скорочення витрат дійсної та минулої праці на стику різних організаційно-економічних рівнів і галузей. В широкому значенні управлінський вплив полягає в підтримці відповідності поведінки частини логістичної системи інтересам цілого. Чим вищий ресурсний потенціал будь-якої підсистеми, тим більше вона у своїй діяльності повинна орієнтуватися на стратегію логістичної системи. В іншому випадку за умови припинення підсистемою визначеного, наперед заданого рівня автономності, може виникнути небезпека руйнування самої системи.

Результуюча функція. Логістична діяльність спрямована на постачання продукції в необхідній кількості, у зазначений час і місце з заданою якістю (станом), за мінімальних витрат. Логістика прагне охопити всі етапи взаємодії ланцюга «постачання – виробництво – розподіл – споживання», інакше кажучи, вона є алгоритмом перетворення ресурсів у постачання готової продукції відповідно до існуючого попиту.

Існують наступні класифікації видів логістики:

1. За масштабами розроблюваних проблем логістика поділяється на:

- макрологістику;
- мікрологістику.

У сферу досліджень макрологістики включаються процеси, які протікають на регіональному, міжрегіональному, загальнонаціональному і міждержавному рівнях.

Логістика на даному рівні полягає у проведенні глобальної логістичної стратегії, яка полягає у формуванні стійких торгово-економічних зв'язків між

окремими країнами і регіонами на основі територіального розподілу праці у рамках сформованої спеціалізації та міжгалузевого кооперування. Ефективність глобальної логістичної стратегії характеризується різними показниками.

Мікрологістика займається комплексом питань з управління матеріальними, інформаційними та іншими потоками, ґрунтуючись на інтересах окремого підприємства або корпоративної групи підприємств, об'єднаних загальними цілями щодо оптимізації господарських зв'язків.

2. За характером зон управління логістика поділяється на:

- зовнішню;
- внутрішню.

Зовнішня логістика займається питаннями регулювання потокових процесів, які виходять за рамки діяльності, але перебувають у сфері впливу суб'єкта господарювання.

Внутрішня логістика спрямована на координацію й удосконалювання господарської діяльності, пов'язаної з управлінням поточковими процесами в межах підприємства або корпоративної групи підприємств.

Іншим розповсюдженим принципом структуризації логістики є характер господарської діяльності. Відповідно до цього принципу виділяють такі види логістики: закупівельну, виробничу, розподільчу, транспортну, інформаційну і т.д.

Одну з класифікацій видів логістики подано на схемі (рис. 1.1.1.).



Рис. 1.1.1. Класифікація видів логістики

На цій схемі міжнародна логістика недоречно виділена в окрему категорію, тому що вона може включати в себе всі інші види.

#### *Транспортна логістика*

Транспортування – це комплексна активність, пов'язана з переміщенням матеріальних ресурсів, продуктів незавершеного виробництва або готової продукції певним транспортним засобом у логістичному ланцюзі, яка складається, у свою чергу, з комплексних та елементарних активностей, що охоплюють експедирування, вантажопереробку, упакування, передачу прав власності на вантаж, страхування і т. ін.

Транспортна логістика – функціональна сфера логістики, що оптимізує логістичні операції на шляху матеріального потоку від постачальника до кінцевого споживача, що здійснюється з застосуванням транспортних засобів.

Транспорт у системі логістики відіграє подвійну роль:

- по-перше, він є складовою або компонентом основних функціональних галузей логістики (закупівельній, виробничій, розподільчій);
- по-друге, транспорт є однією із галузей економіки, у якій також розвивається підприємницька діяльність: транспорт пропонує на ринку товарів і послуг свою продукцію – транспортні послуги, за які отримує доходи і має прибуток.

Будучи галуззю матеріального виробництва, транспорт має свою продукцію – це сам процес переміщення, який характеризується низкою істотних особливостей :

- відсутність речової форми, але водночас матеріальність за своїм характером, тому що в процесі переміщення затрачаються матеріальні засоби: відбувається зношення рухомого складу і засобів обслуговування, використовується праця робітників транспортної сфери і т. ін.;
- неможливість зберігання і нагромадження, тому транспорт може мати тільки деякий резерв своєї пропускної та провідної здатності для задоволення потреб у транспортних послугах;
- втілення в додаткових транспортних витратах, які пов'язані з переміщенням матеріального потоку, тому транспорт необхідно використовувати так, щоб транспортні витрати були найменшими за інших однакових умов;
- прив'язаність до певного місця, району, регіону (наприклад, до місця, де розташовані шляхи сполучення і є відповідні транспортні підприємства).

Транспортна логістика вирішує комплекс завдань, пов'язаних із організацією переміщення вантажів транспортом загального користування. Основними з цих завдань є:

- створення транспортних систем, зокрема створення транспортних коридорів та транспортних ланцюгів;

- спільне планування транспортних процесів на різних видах транспорту;
- забезпечення технологічної єдності транспортно-складського процесу;
- координація транспортного і виробничого процесів;
- вибір виду транспортного засобу;
- вибір типу транспортного засобу;
- забезпечення технологічної єдності транспортного процесу;
- визначення раціонального маршруту доставки.

За призначенням виділяють дві основні групи транспорту:

1. Транспорт загального користування – галузь народного господарства, яка задовольняє потреби всіх галузей народного господарства і населення у перевезеннях вантажів та пасажирів. Його часто називають магістральним. Поняття транспорту загального користування охоплює залізничний транспорт, водний транспорт (морський і річковий), автомобільний, повітряний транспорт і трубопровідний.

2. Транспорт незагального користування – внутрішньовиробничий транспорт, а також транспортні засоби всіх видів, що належать нетранспортним підприємствам, є, як правило, частиною яких-небудь виробничих систем і має бути органічно в них вписаний. Відповідно, організація його роботи є одним із завдань організації логістики на підприємстві в цілому і здійснюється разом із вирішенням завдань виробництва, закупівель і розподілу.

Предметом вивчення транспортної логістики є вирішення комплексу завдань з організації переміщення вантажів транспортом загального користування.

При вирішенні задач транспортної логістики беруть до уваги кілька ключових факторів, які впливають на якість рішення (рис. 1.1.2.)

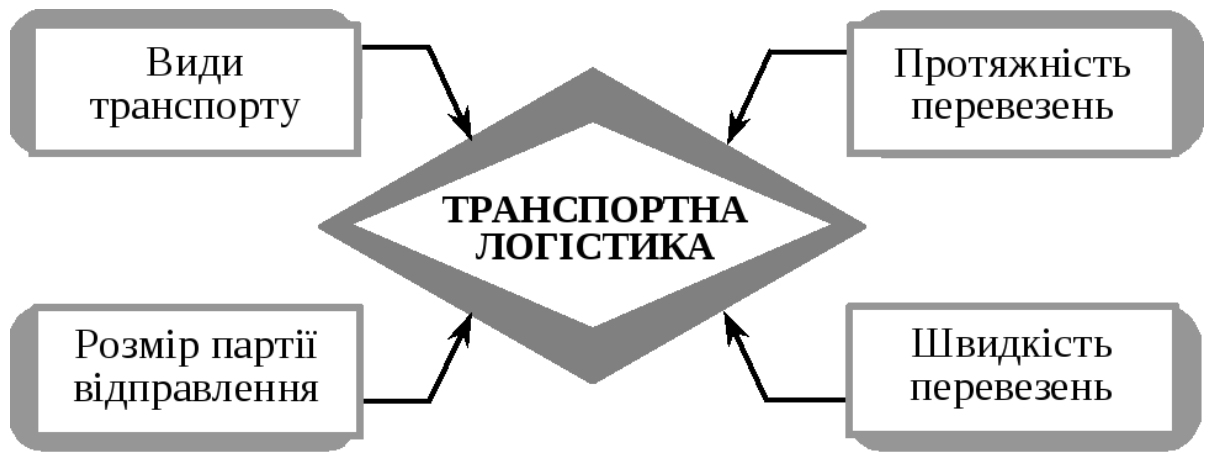


Рис. 1.1.2. Фактори, що впливають на транспортну логістику

На вибір виду транспорту впливають такі основні фактори:

- час доставки;
- частота відправлень вантажу;
- надійність дотримання графіка доставки;
- здатність перевозити різні вантажі;
- здатність доставити вантаж у будь-яку точку території;
- вартість перевезення.

Зі збільшення цінності вантажу все більш виправданим стає підвищення вартості зберігання запасів чи вартості продажу, що спонукає до використання більш швидкісного виду транспорту, не зважаючи на його вищу вартість.

Продукція низької вартості також може перевозитись швидким і витратним видом транспорту, з огляду на певні причини (наприклад, затримка виробничого процесу).

У сучасних умовах роль транспортного обслуговування визначається не інтересами окремого відправника (одержувача), а оптимальним співвідношенням витрат і прибутку в зазначеному циклі виробництва і споживання, а також у мінімізації загальних логістичних витрат.

Крім виду транспорту, сьогодні важливе значення має вибір типу транспортування або транспортної складової логістичних систем.

Транспортування за кількістю використаних видів транспорту поділяють на:

- Унімодальне (одновидове) транспортування, яке здійснюється одним видом транспорту (наприклад, автомобільним). Звичайно застосовується, коли задані початковий і кінцевий пункти транспортування логістичного ланцюга без проміжних операцій складування і вантажопереробки. Критеріями вибору виду транспорту в такому перевезенні звичайно є вид вантажу, об'єм відправки, час доставки вантажу споживачу, витрати на перевезення.

- Інтермодальне, яке виконується за допомогою декількох видів транспорту. При цьому один з перевізників організовує всю доставку від одного пункту відправлення через один або більше пунктів перевалки до пункту призначення. Залежно від ділення відповідальності за перевезення оформлюються різні види транспортних документів.

- Мультимодальне, тобто таке, коли особа, що організує перевезення, несе за нього відповідальність на всьому шляху проходження незалежно від кількості видів транспорту, які приймають участь у перевезенні, при оформленні єдиного перевізного документа.

Транспортну складову логістичних систем класифікують наступним чином:

1. За видом доставки:

- пряма;
- з переробкою на транспортних терміналах;
- з переробкою і зберіганням у розподільчих центрах.

2. За видом обслуговування:

- зі складу постачальника або розподільчого центру на склад споживача або розподільчий центр;
- зі складу постачальника або розподільчого центру безпосереднього споживачу;
- з виробництва постачальника у виробництво споживача без складського зберігання та переробки.

3. За видами транспортного сполучення:

- пряме;
- змішане.

Існує велика кількість задач транспортної логістики. Декілька основних з них показано на рис. 1.1.3.

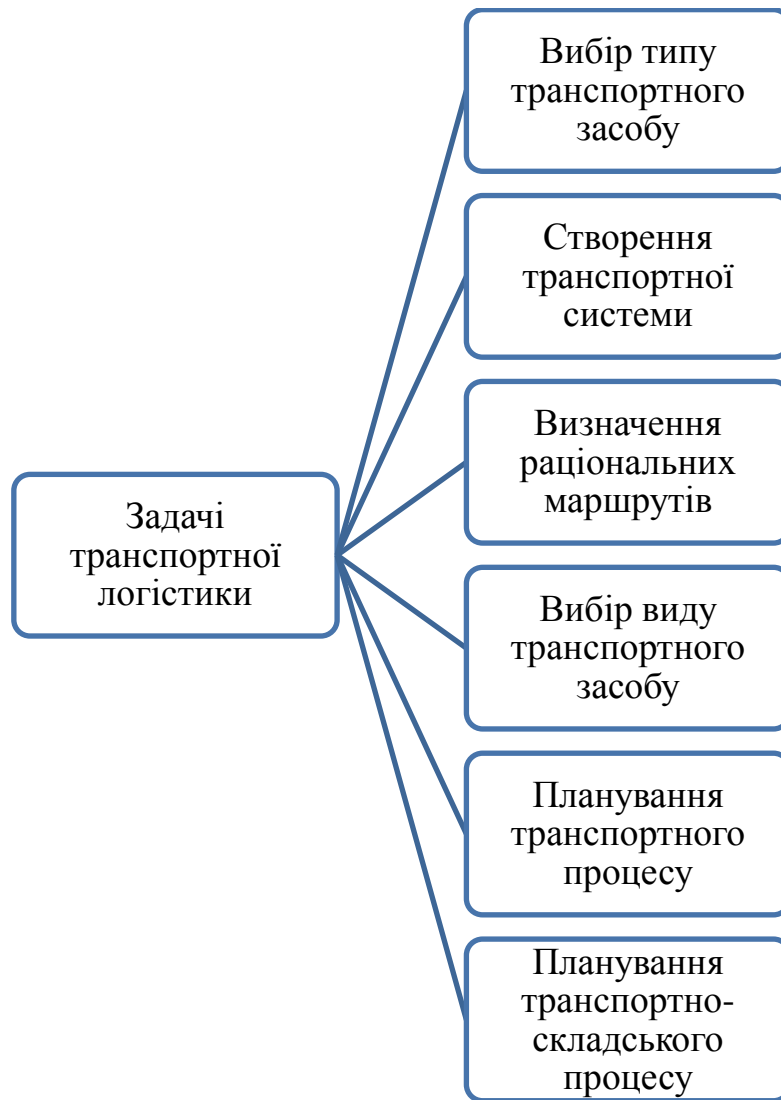


Рис. 1.1.3. Задачі транспортної логістики

Одним із основних завдань логістики є побудова оптимального маршруту доставки вантажу, за яким транспортування буде виконуватися в досить короткі терміни. При плануванні перевезень обов'язково враховується необхідна швидкість доставки, обумовлена з замовником. Беруться до уваги специфіка

транспортованого вантажу, географічне положення всіх точок маршруту, а також погодні умови та інші зовнішні впливи.

На першому етапі вирішення цього завдання може бути створено кілька різних варіантів шляху доставки. Після відсіювання малоперспективних маршрутів залишається оптимальний варіант, який включає мінімальні показники часу і витрат.

### *Логістика в туризмі*

Структура логістики туризму охоплює її компонентну, регіональну та функціональну структури. До компонентної структури належать:

1. логістика рекреаційно-туристичних ресурсів (ресурсної бази туризму);
2. логістика матеріально-технічної бази туризму, у тому числі логістика сфер розміщення туристів (готельного господарства) та харчування (ресторанного господарства);
3. логістика інформаційної інфраструктури (інформаційна логістика в туризмі);
4. логістика транспортної інфраструктури туризму (логістика туристичних перевезень);
5. логістика екскурсійного обслуговування;
6. логістика супутніх послуг у туризмі;
7. логістика виробництва та збуту туристичних товарів.

Регіональна структура логістики туризму відображає її регіональні (геопросторові) системи шести рівнів:

1. локального (логістика туру);
2. мікрорівня (логістика турфірми);

3. мезорівня (логістика туристичної та курортної зон, туристичного району);
4. макрорівня (логістика туристичної галузі країни);
5. мегарівня (логістика туристичних макрорегіонів світу);
6. метарівня (логістика світового туризму).

Цілі та завдання логістики туризму на різних регіональних рівнях різні. Якщо впровадження логістичних засад в управління турфірмою (мікрорівень) дає змогу скоротити витрати і таким чином підвищити ефективність діяльності туристичного підприємства та збільшити його прибуток, то застосування логістичних підходів на вищих таксономічних рівнях (мезо, макро) дає можливість забезпечити сталий розвиток туристичного бізнесу в межах туристично-рекреаційної зони, області, країни. На мега- та метарівнях регіональних логістичних систем туризму розглядають проблеми сталого розвитку туристичної галузі в масштабі туристичних макрорегіонів світу, які виділяє Світова туристична організація, та глобальні питання збалансованого розвитку туристичної індустрії.

Функціональна структура логістики туризму охоплює такі традиційні складові, як логістика постачання, логістика виробництва та збуту. Вони стосуються всіх складових як компонентних, так і регіональних систем логістики туризму.

Головним об'єктом вивчення логістики туризму є потік туристів. Подорожі належать до тих видів послуг, в яких споживач переміщується до виробника, а не виробник із його товаром до споживача.

Слід розрізняти потоки клієнтів (у місцях попиту та реалізації туристичних послуг) і потоки туристів (до місця споживання туристичної послуги та власне в них). "Перетворює" клієнта на туриста турфірма. Отже, виокремлюють потоки клієнтів та туристопотоки.

У логістиці туристопотоків, у свою чергу, розглядають:

1. потоки організованих туристів, а саме: потоки туристичних груп та одиночних туристів (так званий VIP-туризм);

2. потоки неорганізованих ("диких") туристів, які теж створюють навантаження на рекреаційно-туристичні ресурси місць відпочинку.

Основним об'єктом логістики туризму є потоки організованих туристів.

Турист (згідно з ЗУ "Про туризм") - це особа, яка здійснює подорож по Україні або інших країнах із незабороненою законом країни перебування метою на термін від 24 год до одного року без здійснення будь-якої оплачуваної діяльності та із зобов'язанням залишити країну в указаний термін.

Головними критеріями, що визначають громадянина як туриста, є:

- термін подорожі (від 24 год до одного року);
- неоплачувана діяльність (турист не заробляє гроші, він їх витрачає);
- зобов'язання залишити країну або місце перебування в певний термін.

Інші громадяни, які не відповідають цим вимогам, але перебувають у подорожі, належать до мандрівників (їх логістика туризму не враховує).

У Законі "Про туризм" також йдеться про мандрівників, які здійснюють подорож протягом 24 год та яких називають одноденними відвідувачами. Це відвідувач, термін перебування якого в місці відпочинку становить менше ніж 24 год, і при цьому не передбачено жодної ночівлі в місці відвідування. До них належать: екскурсанти; пасажери, які перебувають у круїзі (особи, котрі прибувають у країну на круїзних кораблях і ночують на судні, вони можуть здійснювати екскурсії на березі); екіпажі транспортних засобів, члени яких є іноземцями і перебувають у певній країні протягом дня; транзитні відвідувачі, котрі не зупиняються на ночівлю і прямують територією певної країни до свого місця призначення в іншу країну. Потоки одноденних відвідувачів логістика туризму враховує у складі головного потоку, оскільки вони впливають на рекреаційно-туристичні ресурси.

У складі туристопотоку вирізняють такі категорії туристів та відповідні потоки:

- внутрішній туризм - відвідувач - резидент, який здійснює подорож у межах власної країни, але за межі свого звичайного середовища; це особа, котра подорожує в межах України та має в ній постійне місце проживання;
- іноземний (в'їзний) турист - відвідувач-нерезидент (відносно країни перебування); ним є особа, котра подорожує в межах України, але не проживає в ній постійно;
- зарубіжний (виїзний) турист - відвідувач-резидент, що здійснює поїздку за межами своєї країни, тобто особа, яка подорожує за межами митної території України, але постійно проживає в ній;
- транзитний відвідувач - особа, котра зупиняється в певній місцевості або країні під час руху до місця призначення (термін зупинки більше 24 год).

Сутність поняття "туристичний потік" визначають як постійне прибуття туристів у країну або регіон. Для нього характерні такі ознаки:

- загальна чисельність туристів (у тому числі організованих і самодіяльних);
- кількість туроднів (кількість ночівель або ліжко-днів);
- середня тривалість перебування туристів у країні, регіоні.

До основних показників туристичного потоку належать: кількість прибуттів (вибуттів) і тривалість перебування. Під поняттям кількості прибуттів (вибуттів) розуміють чисельність зареєстрованих туристів, які прибули до певної країни (або вибули з неї) упродовж певного періоду, звичайно, за календарний рік. Оскільки турист протягом року і навіть під час однієї поїздки може відвідати різні держави, та кількість прибуттів перевищує фактичну чисельність туристів. Окрім абсолютних показників туристичних потоків використовують показник кількості

прибуттів (вибуттів) на 1 тис. населення (відносний показник туристичного потоку).

Тривалість перебування визначають у ночівлях для туристів і годинах для відвідувачів. Ночівля - одна доба, проведена одним туристом у певній країні або місці призначення. Тривалість перебування всіх туристів у країні протягом певного періоду (тобто загальна кількість ночівель) розраховують як добуток кількості туристичних прибуттів на середню тривалість перебування одного туриста в країні.

Залежно від тривалості перебування (кількості ночівель) розрізняють такі поїздки:

- короткотривалі (1-3 ночівлі), їх здійснюють для відпочинку і розваг у вихідні та святкові дні (уїк-ендові тури), а також з діловою метою;
- короткотривалі (4-7 ночівель), що передбачають поїздки з різними мотивами;
- середньотривалі (8-28 ночівель) - тривала відпустка, головним чином для відпочинку;
- довготривалі (29-91 ночівля та 92-365 ночівель), які використовують для відпочинку, розваг або лікування, а також для круїзних поїздок, ділового та професійного туризму.

#### *Застосування географічної інформації в логістиці*

Операції транспортної логістики потребують забезпечення актуальною і точною просторовою інформацією.

Картографічне забезпечення логістичних операцій на сьогоднішній день поділяється на три гілки:

1. Електронні карти для логістики, логістичні ГІС-системи із картографічним наповненням.
2. Системи GPS-моніторингу як вид спеціалізованого програмного забезпечення для цілей логістики.

3. Настінні оглядові карти, настільні паперові карти або серії карт різних масштабів і різної наповненості для забезпечення потреб логістики.

Для автоматизації транспортної логістики використовуються наступні типи геоінформаційних систем:

1. Навігаційні ГІС,
2. Диспетчерські ГІС,
3. Спеціалізовані ГІС для вирішення завдань логістики.

1. Навігаційні ГІС вимагають використання спеціального навігаційного обладнання (GPS-приймача), що дозволяє визначити місце розташування транспортного засобу. Навігаційні ГІС зазвичай виконують такі функції:

- Відображає електронну карту міста в різних масштабах;
- Надає справоную інформацію про наявні на карті об'єкти,
- Здійснюють пошук потрібного об'єкта,
- Виробляють найкоротший маршрут руху на автомобілі (можливо з урахуванням інформації про затори на дорогах та іншої),
- Перегляд маршруту на карті,
- Відображення поточного місця розташування транспортного засобу, оснащеного навігаційним обладнанням, відстеження його руху.

2. Диспетчерські ГІС призначаються для автоматизації робочого місця диспетчера і перш за все дозволяють:

- Контролювати в режимі реального часу фактичне переміщення транспортних засобів, оснащених навігаційним обладнанням,
- Планувати оптимальні маршрути пересування транспортних засобів;
- Проводити аналіз і накопичувати статистику використання транспортних засобів.

2. ГІС, призначені для вирішення завдань транспортної логістики, наочно представляють на електронних картах розміщення клієнтів і дозволяють оптимізувати вантажотранспортні потоки при доставці замовлень (товарів, вантажів і послуг).

Сучасні системи даного класу дозволяють:

- Підключати будь-які бази і джерела даних до карт. Проводити просторові сортування і розмітки даних за довільними зонам.
- Вирішувати завдання оптимізації вантажних і транспортних потоків і використання транспорту при доставці товарів, вантажів і послуг, калькулювати маршрути по різних алгоритмах.
- Вести облік організації дорожнього руху, вантажопідйомності і місткості транспорту, обмежень по прохідності на ділянках вулиць і доріг.
- Формувати довільні звіти.

На сьогоднішній день напрацьовано велику кількість стандартів і моделей даних, що дозволяють досить швидко розгорнути ГІС для управління транспортною системою міста, регіону або галузі. Основні напрямки технологічного розвитку транспортних ГІС викладені Елтоном Батлером, автором книги "Проектування баз геоданих":

- множинні мережі, частина з яких могла б включати лісові дороги, алеї і приватні дороги;
- множинні картографічні представлення, необхідність яких диктується відмінностями в масштабах і джерелах даних;
- мультимодальні транспортні системи;
- множинні варіанти сегментації для різних завдань;
- множинні системи лінійної прив'язки для управління транспортною інфраструктурою і завдань динамічної маршрутизації;
- безліч різних користувачів, включаючи керівників об'єктами і диспетчерів парку транспортних засобів;
- безліч додатків - від довготривалого планування до завдань реального часу;
- адаптація бази геоданих до транзакційних оновлень і ведення даних.

## Висновки до розділу 1

У цьому розділі розглянуто основні поняття логістики, її мету, завдання, функції, класифікації. Розглянуто особливості транспортної логістики, її класифікації, основні задачі. Описано цілі та завдання логістики в туризмі.

Дано визначення понять «турист», «туристичний потік», наведені деякі інші поняття, характеристики та класифікації із предметної сфери туризму згідно з чинним законодавством України.

Описано картографічне забезпечення туризму, основні види геоінформаційних систем, що в ньому застосовуються, їх особливості та перспективи розвитку.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ  
ЛОГІСТИКИ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА			
Виконав		Степанов М.			<i>Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.							50	131
Керівник		Лепетюк В.Б.				КНУБА, група ГІСТ-61		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

### 2.1. Аналіз нормативно-правового забезпечення формування турів

Право на реалізацію туристичного продукту має туроператорська фірма або турагент. Туроператорська фірма (організація) - це туристична оптова фірма, яка виступає посередником між підприємствами туристичної індустрії і турагентами. Вона організовує тури і реалізує їх від свого імені через туристичні агентства або безпосередньо клієнтам. У процесі організації турів туроператор встановлює зв'язки з підприємствами розміщення, харчування, транспорту, а також, в залежності від характеру туру, з культурно-освітніми закладами та екскурсійними бюро, виступаючи як оптовий покупець туристичних послуг. Досить часто туроператори орендують на основі довгострокових контрактів чи угод готелі, мотелі, кемпінги, приватні квартири, туристичні бази, будинку відпочинку чи інші засоби розміщення, літаки, пароплави, автобуси, автомобілі, забезпечуючи тим самим їхню максимальну завантаженість й отримуючи від виробників туристичних послуг значні скидки.

Турагент - це роздрібна фірма, яка виступає посередником між обслуговуючими підприємствами або туроператорськими фірмами, з одного боку, і клієнтами-туристами - з іншого боку. Турагентство або реалізує тури, які пропонуються туроператорськими фірмами, або надає окремі види послуг індивідуальним туристам чи організованим групам, встановлюючи безпосередні зв'язки з транспортними організаціями, готельними корпораціями, підприємствами харчування, екскурсійними бюро.

Договірні відносини між туристом і туристичним підприємством створюються як відносини покупця (замовника) і продавця (виконавця). При цьому необхідно підкреслити особливий характер "продукту", який купляється у туристичної фірми. Вступаючи з нею у договірні відносини, турист розраховує у кінцевому результаті отримати необхідний йому набір послуг. Фірма, в свою чергу, надає клієнту не самі послуги, а права на них. Туристу гарантується

отримання у відповідний час і у визначеному місці послуг, які здійснюються контрагентами туристичної фірми, не маючи прямих договірних відносин з даним туристом (наприклад, гарантія проживання у готелі відповідного класу, триразове харчування, трансфер, екскурсійне обслуговування згідно з програмою тощо).

Куплена туристом сукупність прав, як правило, оформлюється туристичною фірмою у вигляді путівки. Таким чином, путівка є кінцевим "продуктом" діяльності туристичної організації і відповідно предметом її реалізації. У зв'язку з цим оборот з реалізації "продукції" у туристичної фірми відображається у момент продажу путівки, а не тоді, коли турист здійснить поїздку за даною путівкою. Отримання туристом самих послуг є процесом споживання купленої "продукції". Істотно, що за туристом лишається можливість пред'явлення претензій до туристичної фірми у випадку недотримання або отримання ним не в повному обсязі послуг, гарантії надання яких він придбав у туристичній фірмі. Таке право існує у споживачів, які придбали будь-яку продукцію, а не тільки путівку. При цьому у продавця не існує ніяких підстав вважати свою продукцію нереалізованою тільки тому, що, можливо, колись і кимось по ній будуть пред'явлені претензії.

З позиції предмету договору між туристичною фірмою і туристом діяльність першої виражається у продажу путівок. Водночас, з точки зору предмету договору, в діяльності туристичних підприємств можливі різні варіанти. Вони розрізняються у першу чергу тим, що саме туристичне підприємство купує права (гарантії) в інших організацій з метою здійснення своєї діяльності. У зв'язку з цим можна виділити три основних варіанти у діяльності туристичних підприємств:

варіант I - туристична фірма купує у різних організацій права (гарантії) на отримання різних послуг (у місцях перебування і транспортних послуг) і, виходячи з вартості куплених гарантій, формує вартість власної путівки, яку продає;

варіант II - туристична фірма купує готову путівку в іншій туристичній фірмі і перепродає її;

варіант III - туристична фірма продає туристичну путівку іншій фірмі, не будучи її власником, і отримує свій прибуток у вигляді комісійної винагороди.

Варто відзначити, що процеси формування, купівлі і наступному продажу путівок можуть бути розтягнутими за часом. Відповідно на практиці створюється ситуація, коли формування путівки починається в одному звітному періоді, а її придбання і перепродаж відбувається у другому звітному періоді. З цього випливає, що в діяльності туристичного підприємства повинно бути чітко визначено, яким чином формувати структуру туристичного продукту з наступним просуванням його на ринку.

При розробці, наприклад, автобусного маршруту необхідно керуватися “Правилами дорожнього руху”, “Уставом автомобільного транспорту”, “Правилами перевезення пасажирів” та іншими відомчими нормами.

Розробка туристичного маршруту закінчується узгодженням і затвердженням паспорту маршруту.

Паспорт туристичного маршруту використовується при формуванні турів, а також при розслідуванні шляхово-транспортних подій.

Після процедури розробки і затвердження туристичного маршруту приступають до формування туру. Розрізняють два основних види туру:

- пекидж-тур, тобто комплексна туристична послуга, яка включає в себе розміщення, харчування, екскурсійне обслуговування, транспортні, побутові, спортивно-оздоровчі, медичні та інші послуги;
- інклюзив-тур, тобто окремі туристичні послуги: харчування, розміщення, екскурсійне обслуговування, транспорт (на вибір).

На практиці перевага надається інклюзивному туру, де турист замовляє мінімально-достатній набір основних послуг, купуючи додаткові та сукупні послуги у міру необхідності. Це розширює можливості планування власного часу туриста і в деяких випадках здешевлює ціну путівки.

Додатком при формуванні турів є товари туристичного призначення, тобто тур - це сукупний продукт, який складається з послуг і товарів.

Туроператори укладають такі договори з постачальниками послуг:

1. Договір з готельним підприємством про:

- Оренду;
- Квоту місць з гарантією заповнення 30-80% (ціни нижчі, ніж звичайні тарифи);
- Квотою місць без гарантії заповнення (додаються звичайні витрати);
- Поточний бронюванні (популярний для індивідуального туризму) - по підтвердженню.

2. Договір з підприємством харчування (якщо харчування поза підприємства розміщення)

3. Договір з автотранспортним підприємством - договір оренди.

Використовуються спеціальний контрольний документ (листи поїздок) для нерегулярних рейсів; спеціальна страховка - «зелена карта» та страхування відповідальності за шкоду, заподіяну третім особою.

4. Договір з авіакомпанією:

- Договір на квоту місць на регулярних авіарейсах;
- Агентська угода (турпідприємство реалізує авіаквитки);
- Чартер (оренда літака), 3 варіанти: жорсткий блок, м'який і комбінований блоки.

5. Договір із залізницею:

- На квоту місць на регулярному залізничному транспорті;
- За поточним бронювання на регулярному залізничному транспорті;
- На оренду спеціалізованого турпоїзда.

6. Договір з екскурсійної фірмою, договір з музеєм і т.д.

7. Договір між ініціативним і рецептивним туроператором, який включає:

- Організація маршрутного інклюзив-туру (маршрут, програма туру та пакет послуг; дата прибуття і дата від'їзду; перелік та послідовність відвідування міст; вид транспорту, кількість днів перебування в кожному місті; перелік екскурсій.

- Організація індивідуальних замовлених турів (дата візиту і дата від'їзду туристів; перелік послуг і їх класність);

- Кількість ночівель;

- Варіанти харчування і форми обслуговування;

- Планові і додаткові послуги;

- Чайові, місцеві податки і збори;

- Послугу супроводжувача (1 на 20 осіб безкоштовно).

- Розрахунок валютних платежів або зведену відомість туроднів (на умовах безвалютного обміну).

- Оформлення угоди купівлі-продажу товару.

## 2.2. Методика проектування турів

Проектування туру - це проектування процесу обслуговування туристів по окремих етапах надання послуги і з обов'язковим складанням для кожного з них технологічних карт. Складається з двох етапів:

- Проектування кожного туру, що включається в послугу «туристичну подорож», відповідно до програми обслуговування туриста;

- Проектування послуги «туристична подорож» в цілому.

Проектування конкретизується в Програмі обслуговування туристів:

- Маршрут подорожі;

- Перелік туристичних підприємств - виконавців послуг;

- Період надання послуг кожним підприємством-виконавцем послуги;
- Склад екскурсій і визначних об'єктів;
- Перелік туристичних походів, прогулянок;
- Комплекс дозвіллевих заходів;
- Тривалість перебування в кожному пункті маршруту;
- Кількість туристів, що беруть участь в подорожі;
- Види транспорту для внутрішніх перевезень;
- Потреба в гідах, екскурсоводів, зарубіжних представників, інструкторів, перекладачів та ін.;
- Необхідна кількість транспортних засобів;
- Порядок підготовки рекламних, інформаційних матеріалів, форма опису подорожі для інформаційних листків до туристичними путівками і їх кількість.

Результатом проектування туру є правильне утримання:

- Технологічної карти туристичної подорожі;
- Графіка завантаження підприємства - постачальники послуг;
- Інформаційного листка і туристичної путівки;
- Програми обслуговування туристів.

Методичне забезпечення розробленого турпродукту втілюється у вигляді підготовки спеціальної технологічної документації, яка описує сам тур, процеси його виробництва і послуги, що надаються туристам.

У набір технологічної документації для кожного туру обов'язково включається:

- Технологічна карта туристичної подорожі за маршрутом;
- Графік завантаження туристичного підприємства групами туристів на певний час;

- Інформаційний листок до путівки туристичної подорожі;
- Бланки путівок типової форми;
- Лист бронювання;
- Бланки договорів з клієнтами-турагентами;
- Договору з партнерами-постачальниками послуг;
- Калькуляція або розрахунок вартості туру;
- Опис маршруту;
- Графік руху по маршруту;
- Карта-схема маршруту;
- Текст шляховий інформації (для автобусних турів);
- Опис технологічних особливостей туру (пам'ятки, замовлення, квитки, графіки і т.д.);
- Тексти пам'яток для туристів;
- Довідкові матеріали по маршруту;
- Варіанти рекламних проспектів і документів;
- Прайс-листи (каталоги);
- Паспорт автобусного маршруту (Контрольний документ - листи поїздок).

### 2.3. Форми даних в геоінформації

Просторова або картографічна інформація є основою інформаційного блоку ГІС. Вона містить метричну частину, яка описує позиційні властивості об'єктів, а також пов'язані з нею змістовні (семантичні, тематичні) атрибути чи просто атрибути.

Просторовий об'єкт – це будь-який об'єкт з конкретним місцезнаходженням, яке зберігається як одна з його властивостей в полі таблиці атрибутів.

Подання топографічної карти потребує її поділу на шари (теми) однорідної інформації, що містить дані про рельєф, гідрологічну мережу, населені пункти, мережу шляхів, адміністративний поділ та інше. В межах фрейма даних у ГІС географічні елементи представляють у вигляді серії шарів карти.

Шари карти – це тематичне представлення географічної інформації такої, як країни, міста, транспортна мережа, рельєф.

Шари представляють географічну інформацію за допомогою:

- 1) дискретних просторових об'єктів у вигляді наборів точок, ліній і полігонів;
- 2) символів, кольорів і написів на карті;
- 3) аерофотознімків або космічних знімків;
- 4) безперервних поверхонь, таких як рельєф.

У наш час використовуються три основних способи формалізації просторових даних: векторний, растровий та векторна полігональна структура або трикутна нерегулярна мережа – TIN-модель [Павленко 2013, с. 31-32].

Растрові дані – просторові дані, що являють собою регулярну сітку (матрицю) значень і використовуються для моделювання поверхонь.

Векторні дані – просторові дані, що описані за допомогою графічних примітивів (точка, лінія, полігон) та моделюють дискретні дані.

Триангуляційна нерегулярна мережа (TIN) розділяє географічний простір за допомогою набору нерегулярно розташованих точок даних, кожна з яких має значення координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Ці точки з'єднані ребрами, які формують безперервні трикутники, які не перекриваються. TIN використовується при створенні моделей поверхонь. [Дудун 2017].

#### 2.4. Моделі даних бази геопросторових даних

База даних – деякий набір даних, що постійно зберігаються і використовуються прикладними програмними системами якої-небудь організації [Дейт 2005, с. 51].

База геопросторових даних є базовою моделлю географічної інформації для організації даних ГІС у тематичні шари.

Вона реалізує об'єктно-орієнтовану модель даних ГІС, яка представляє географічні об'єкти і атрибути у вигляді об'єктів і відносин між об'єктами, але існує усередині реляційної СУБД. База геоданих може зберігати об'єкти, такі як класи просторових об'єктів, набори класів об'єктів, непросторові таблиці і класи відносин.

Об'єкти зберігаються в класах просторових об'єктів, об'єктних класах і наборах класів об'єктів. Об'єктний клас – це таблиця бази геоданих, в якій зберігається непросторова інформація. Клас просторових об'єктів – це набір географічних об'єктів з однаковою геометрією (таким, як крапка, лінія або полігон), загальними атрибутами і просторовою прив'язкою. Кожний просторовий об'єкт зберігається у вигляді окремого рядка таблиці атрибутів. У кожній таблиці зберігається клас об'єктів одного геометричного типу. Класи просторових об'єктів можуть зберігатися самостійно в базі геоданих, або міститися в шейп-файлах, покриттях або в інших наборах класів об'єктів.

Об'єкти одного геометричного типу можна об'єднувати в класи і набори класів (наприклад, за тематичною ознакою). Набір класів об'єктів – це набір класів просторових об'єктів, що мають однакову просторову прив'язку, тобто загальну систему координат і розташування у загальній географічній області. У наборі класів об'єктів можуть зберігатися класи просторових об'єктів з різними типами геометрії. Класи просторових об'єктів, топологічні об'єкти, що зберігаються, повинні об'єднуватися в набори класів об'єктів, щоб вони мали загальну просторову прив'язку [Павленко 2013, с. 44-45].

## 2.5 Моделювання транспортної логістики. Задачі транспортної логістики

Математичною базою для моделювання логістики є теорія графів.

З поняттям графу зазвичай пов'язують його графічне представлення, при якому він зображується як множина точок, деякі з яких з'єднані лініями. Але граф відрізняється від геометричних конфігурацій (скажімо, фігур, які також складаються з точок та ліній) тим, що в графі несуттєві відстані між точками, форма з'єднувальних ліній та кути між ними. Важливо лиш те, чи з'єднана дана пара точок лінією, чи ні. Тому граф іноді називають топологічним об'єктом, тобто об'єктом, властивості якого не змінюються при розтягуванні, стисненні та викривленні. За цією ж причиною (важливим є тільки наявність або відсутність з'єднань) граф – об'єкт дискретний і може бути заданий двома дискретними множинами: множиною точок, які будемо називати вершинами, та множиною ліній, які з'єднують деякі вершини.

Графом  $G = (V, E)$  називається об'єкт, який заданий парою множин  $(V, E)$ , де  $V$  – множина вершин,  $E \subseteq V \times V$  – множина ребер. Граф називається скінченним, якщо множини його вершин і ребер є скінченними. Множину вершин графу  $G$  позначають  $V(G)$ , а множину ребер –  $E(G)$ . Кількість вершин графу  $n(G) = |V(G)|$ , а кількість ребер  $m(G) = |E(G)|$ . Кількість вершин  $n(G)$  графу називають його порядком.

Якщо для деякого ребра  $e = (v, w) \in E(G)$ , то кажуть: • вершини  $v$  та  $w$  суміжні; • вершини  $v$  та  $w$  інцидентні ребру  $e$ ; • ребро  $e$  інцидентне вершинам  $v$  і  $w$ .

Множина вершин, які суміжні з вершиною  $v$ , називається множиною суміжності вершини  $v$  і позначається  $\Gamma(v)$ .

Множина ребер  $E$  може бути порожньою. Такий граф називається нульграфом і позначається  $\emptyset$ . Якщо ж множина вершин  $V$  – порожня, то порожньою є також множина  $E$ . Такий граф називається порожнім. Лінії, що зображують ребра графу, можуть перетинатися, але точки перетину не є вершинами. Ребро може з'єднувати деяку вершину саму із собою, таке ребро

називається петлею. Цей випадок відповідає наявності в множині  $E$  пар вигляду  $(v, v)$ . Різні ребра можуть бути інцидентними одній і тій самій парі вершин (тобто одну й ту саму пару вершин з'єднує більше ніж одне ребро), такі ребра називаються кратними.

Граф називається простим, якщо кожна пару вершин з'єднує не більше, ніж одне ребро. Граф називається мультиграфом, якщо він має кратні ребра. Граф називається псевдографом, якщо він має петлі та кратні ребра.

Розглядають також орієнтовані графи (до цього були розглянуті неорієнтовані графи).

Орієнтованим графом (орграфом) називається граф  $D = (V, E)$ , де  $V$  – множина вершин,  $E \subseteq V \times V$  – множина орієнтованих ребер, або дуг. При зображенні орієнтованих графів напрямки ребер позначаються стрілками. Орієнтований граф може мати кратні ребра, петлі, а також петлі, що з'єднують одні й ті самі вершини, але у зворотних напрямках. Кожному неорієнтованому графу можна поставити у відповідність орієнтований граф з тією самою множиною вершин, в якій кожне ребро замінено двома орієнтованими ребрами, що є інцидентними тим самим вершинам і мають зворотні напрямки.

Маршрут в графі – це спосіб пройти в графові по ребрах – від вершини, до вершини. Тобто, маршрут – це послідовність  $v_1 e_1 v_2 e_2 \dots v_n e_n v_{n+1}$  з вершини  $v_1$  до вершини  $v_{n+1}$ . Вершини  $v_i$  до вершини  $v_{i+1}$  це кінці ребра  $e_i$ . Можна записати  $e_i = (v_i, v_{i+1})$ . Однак це не означає, що в маршруті всі ребра, або всі вершини, різні. В маршруті вершини, або ребра можуть повторюватися. Якщо маршрут замкнений то перша і остання вершини – співпадають:  $v_1 = v_{n+1}$ . Довжина маршруту вимірюється кількістю ребер, що входять до його складу. Якщо в маршруті всі ребра – різні і при цьому маршрут замкнений (вершини можуть повторюватися), то маршрут носить назву – цикл.

Якщо в маршруті всі ребра – різні і при цьому маршрут не замкнений, то маршрут носить назву – ланцюг. Якщо в ланцюгу, або в циклі вершини не

повторюються (крім першої, яка є останньою в циклі) то такий ланцюг, або цикл називається простим.

На основі маршруту дається визначення зв'язності графа. Граф називається зв'язним, якщо між будь-якими його вершинами існує маршрут. Відповідно у не зв'язного графа не існує маршруту між будь-якими його вершинами. Не зв'язний граф розглядається за компонентами зв'язності графа. Кожна з компонент зв'язності не зв'язного графа має маршрут між будь-якими вершинами однієї компоненти. Тобто, компонента зв'язності графа – це така зв'язна частина графа, до якої не можна додати жодної вершини графа без порушення зв'язності.

Ребро, вилучення якого з графа збільшує кількість компонент зв'язності, називають міст. Наприклад, у простого ланцюга будь-яке ребро буде мостом. Якщо вилучення вершини (разом з інцидентними їй ребрами) збільшує кількість компонент зв'язності графа, то така вершина називається точка з'єднання, або шарнір. Знову таки, якщо розглядати простий ланцюг, то будь-яка вершина, крім першої та останньої буде точкою з'єднання.

Відстань  $d(u,v)$  між будь-якими двома вершинами  $u$  і  $v$  зв'язного графа – це найкоротший маршрут, який дорівнює кількості ребер у маршруті. Для простого графу відстань від вершини  $u$  до вершини  $v$  і навпаки від вершини  $v$  до вершини  $u$  тотожними.

Ексцентриситет  $e(u)$  вершини  $u$  зв'язного графа це відстань від даної вершини до найвіддаленішої вершини. Можна сказати, що ексцентриситет – це максимальний маршрут для даної вершини у зв'язному графі, або найдовший серед найкоротших маршрутів від даної вершини до всіх інших.

Діаметр  $d(G)$  зв'язного графа  $G$  визначається як найбільший ексцентриситет серед ексцентриситетів всіх вершин даного графа  $G$ . Відповідно, радіус  $r(G)$  зв'язного графа  $G$  визначається як найменший ексцентриситет серед ексцентриситетів всіх вершин даного графа  $G$ .

Якщо ексцентриситет вершини  $u$  графа  $G$  тотожний  $r(G)$ , тобто  $e(u) = r(G)$  - така вершина називається центральною. Якщо ексцентриситет вершини  $u$  графа  $G$  тотожний  $d(G)$ , тобто  $e(u) = d(G)$  - така вершина називається периферійною.

Центр графа – множина центральних вершин, тобто вершин з мінімальним ексцентриситетом.

Використовується цілий ряд способів представлення графів, що обумовлено областю їх використання. Наприклад, матричне представлення графів використовується в інформаційних технологіях.

1. Явний спосіб. Граф розглядається як дві множини  $G = \langle V, E \rangle$  де  $V$  – множина вершин  $V = \{a, b, c, d\}$  і  $E$  – множина ребер  $E = \{(a, b), (a, c), (b, d), (b, c)\}$ .

2. Графічний спосіб. Подання графа у вигляді зображення є поширеним, оскільки це зручний і наочний спосіб.

3. Матриця суміжності. Граф подається у вигляді матриці суміжності  $A_G$ . Спосіб використовується при роботі комп'ютера з графами. Припустимо граф  $G$  має певну кількість вершин  $n$ , тобто - потужність множини вершин графа  $|V| = n$ . Тоді можна записати матрицю  $A_G$ , розміром  $n \times n$ , яка містить множину елементів  $A_G = (a_{i,j})_{n \times n}$ . Тут індекси  $i$  та  $j$  змінюються від 1 до  $n$ , а значення  $a_{i,j}$  приймає значення 1, коли між відповідними вершинами  $v_i$  та  $v_j$  існує ребро, або приймає значення нуль, якщо такого ребра не існує.

4. Матриця інцидентності. Матриця  $B_G$  зв'язує вершини та ребра в деякому графі  $G$ . Як і попередній, спосіб використовується при роботі з графами на комп'ютері  $B_G = (b_{i,j})_{n \times |E|}$  де  $i$  та  $j$  змінюються від 1 до  $n$ ;  $b_{i,j}$  приймає значення 1, якщо вершина  $v_i$  є кінцем ребра  $e_j$  та навпаки – приймає значення нуль, якщо умова не виконується.

5. Списки суміжності. Спосіб включає перерахунок всіх вершин, суміжних даній.

Одними з основних видів задач, що є актуальними для логістики перевезення в туризмі є такі:

- Задача прокладання найбільш оптимального за часом, відстанню, або витраченими ресурсами шляху на графі, який утворює вулично-дорожня мережа;
- Задача комівояжера – послідовний обхід декількох точок (в даному разі – туристичних об'єктів) з умовами, щоб кожна точка була відвідана лише раз та щоб прокладений шлях був оптимальний за часом або ресурсами.

Під задачею про найкоротший шлях на графі зазвичай мається на увазі задача про найкоротший шлях між парою вершин, але існують і інші варіанти про найкоротший шлях, що відрізняються декількома параметрами:

- задача про найкоротші шляхи з одним входом (необхідно знайти найкоротші шляхи між вхідною вершиною та всіма іншими вершинами);
- задача про найкоротші шляхи з одним виходом (необхідно знайти найкоротші шляхи з усіх вершин графа до однієї вихідної вершини);
- задача про найкоротші шляхи для всіх пар (необхідно знайти найкоротші шляхи між кожною парою вершин у графі).

Ці варіанти задач мають значно дієвіші алгоритми, ніж спрощений підхід із запуском алгоритму пошуку найкоротшого шляху між усіма вершинами.

Задача про найкоротший шлях дуже часто зустрічається в ситуації, коли необхідно враховувати додаткові обмеження. Їх наявність може значно підвищити складність завдання. Приклади таких завдань:

1. Найкоротший шлях, що проходить через задану множину вершин. Можна розглядати два обмеження: найкоротший шлях повинен проходити через виділену множину вершин, і найкоротший шлях повинен містити якомога менше невиділених вершин. Перше з них добре відоме в теорії дослідження операцій;

2. Мінімальне покриття вершин орієнтованого графа шляхами. Здійснюється пошук мінімального за кількістю шляхів покриття графа, а саме підмножини всіх  $s$ - $t$  шляхів, таких що кожна вершина орієнтованого графа належить хоча б одному такому шляху;

3. Задача про необхідні шляхи. Необхідно знайти мінімальну за потужністю множину  $s$ - $t$  шляхів  $P = p_1, \dots, p_m$  таке, щоб для кожного  $t_i$ , що належить  $R$ , існував шлях  $p_j$ , що належить  $P$ , що накриває його.  $R = t_1, \dots, t_k$  - множина певних шляхів у орієнтованому графі  $G$ ;

4. Мінімальне покриття дуг орієнтованого графа шляхами. Завдання полягає у знаходженні мінімальної за кількістю шляхів підмножини всіх шляхів, такої, щоб кожна дуга графа належала хоча б одному такому шляху. При цьому може мати місце додаткова вимога про те, щоб всі шляхи виходили з однієї вершини.

Завдяки своєму широкому застосуванню, теорія про знаходження найкоротших шляхів останнім часом інтенсивно розвивається. Знаходження найкоротшого шляху - життєво необхідно і використовується практично скрізь, починаючи від знаходження оптимального маршруту між двома об'єктами на місцевості, в системах автопілоту, для знаходження оптимального маршруту при перевезеннях, комутації інформаційного пакету в Internet і т. д.

Існують декілька найбільш ефективних алгоритмів знаходження найкоротшого шляху:

- алгоритм Дейкстри (використовується для знаходження оптимального маршруту між двома вершинами);
- алгоритм Форда-Бельманна (для знаходження оптимального маршруту між усіма парами вершин);
- алгоритм Флойда-Уоршалла (для знаходження найкоротшого шляху між парами вершин).

Зазначені алгоритми легко виконуються при малій кількості вершин у графі. При збільшенні їх кількості завдання пошуку найкоротшого шляху ускладнюється. Тут на допомогу приходить сучасна техніка. Комп'ютерні засоби та інформаційні технології підвищили можливості такого всеосяжного методу вивчення і створення, як моделювання об'єктів, явищ і процесів - як тих, що існують у природі, так і тих, що створюються людиною штучно. Кількість об'єктів

ускладнювалися, збільшувалися, і натурне моделювання (макети споруд) стало не вигідним, не економічним. Тому для вивчення почали застосовувати математику. Використання математичних моделей - рівняння, нерівності, формули і тому подібне називається математичним моделюванням, для розвитку і пристосування якого потрібні були ефективні чисельні методи. Реалізувати великий потенціал математичного моделювання неможливо без потужних засобів автоматизації обчислень, якими є комп'ютери. Завдяки появі комп'ютерів і розвитку інформаційних технологій створюються методи та засоби комп'ютерного моделювання, здатні вирішувати складні практичні завдання. Комп'ютерна модель - це розміщена в комп'ютері сукупність засобів, що реалізують концепцію обчислення. Для реалізації комп'ютерної моделі, велике значення має такий науковий напрямок, як програмування. Нижче зазначені алгоритми можуть бути успішно реалізовані з використанням будь-якої із сучасних мов програмування, розроблених для виконання широкого спектру різноманітних типів завдань.

#### Алгоритм Дейкстри

Задача про найкоротший шлях полягає у знаходженні найкоротшого шляху від заданої початкової вершини до заданої кінцевої вершини. Формулювання задач про знаходження відстаней таке:

1. Для заданої початкової вершини  $a$  знайти найкоротші шляхи від  $a$  до всіх інших вершин.
2. Знайти найкоротші шляхи між усіма парами вершин.

Виявляється, що майже всі методи розв'язання задачі про найкоротший шлях від заданої початкової вершини до заданої кінцевої вершини, також дають змогу знайти й найкоротші шляхи від вершини  $a$  до всіх інших вершин графа. Отже, за їх допомогою можна розв'язати задачу 1 із невеликими додатковими обчислювальними витратами. З іншого боку, задачу 2 можна розв'язати або  $n$  разів застосувавши алгоритм задачі 1 із різними початковими вершинами, або один раз застосувавши спеціальний алгоритм.

Алгоритм Дейкстри – найефективніший алгоритм на графах відкритий нідерландським вченим Е.Дейкстром у 1959 році. Цей алгоритм знаходить найкоротшу відстань від однієї вершини графу до всіх решти. Алгоритм працює лише для графів у яких ребра не мають від'ємної ваги. Алгоритм широко застосовується в програмуванні і технологіях, наприклад, його використовують протоколи маршрутизації OSPF та IS-IS.

#### Алгоритм Форда-Бельманна

Історія алгоритму зв'язана відразу з трьома незалежними математиками: Лестером Фордом, Річардом Беллманом і Едвардом Муром. Деколи його називають алгоритмом Беллмана-Форда-Мура. Метод використовується в деяких протоколах дистанційно-векторної маршрутизації, наприклад в RIP (Routing Information Protocol - протокол маршрутної інформації).

Так само як і алгоритм Дейкстри, алгоритм Форда-Беллмана обраховує у зваженому графі найкоротші шляхи від однієї вершини до всіх інших. Він підходить для роботи з графами, в яких є ребра від'ємної ваги. Але спектр використання алгоритму зачіпає не всі такі графи. Це пояснюється тим, що кожний наступний прохід по шляху, складеному з ребер, сума ваги яких є від'ємна, лише покращує задане значення. Безкінечне число покращень робить неможливим визначення одного конкретного значення, яке являлося б оптимальним. У зв'язку з цим алгоритм Форда-Беллмана не використовується з графами, у яких є від'ємні цикли, але він дозволяє визначити наявність таких.

#### Алгоритм Флойда-Уоршалла

Алгоритм Флойда-Воршелла — алгоритм динамічного програмування для знаходження найкоротших відстаней між усіма вершинами зваженого орієнтованого графа. Розроблений в 1962 році Робертом Флойдом і Стівеном Воршеллом.

Динамічне програмування – це альтернативне вирішення задач методом «в лоб». Використовується там, де оптимальне вирішення підзадачі меншого розміру

може бути використано для вирішення основної задачі. В загальному виді метод виглядає так:

1. Розбір задачі на під задачі меншого розміру.
2. Знаходження оптимального вирішення під задач рекурсивно.
3. Використання результатів під задач для вирішення основної задачі.

Для знаходження найкоротших шляхів між всіма вершинами графа використовується не перебір всіх можливостей, що приведе до використання часу та затрат більшого об'єму пам'яті, а динамічне програмування, тобто під задачі, які будуть потрібні для вирішення головної задачі, прораховуються завчасно і потім використовуються.

#### Алгоритм A\*

Алгоритм A\* спершу відвідує ті вершини, які ймовірно ведуть до найкоротшого шляху до мети. Аби розпізнати такі вершини, кожній відомій вершині  $x$  співставляється значення  $f(x)$ , яке дорівнює довжині найкоротшого шляху від початкової вершини до кінцевої, який пролягає через обрану вершину. Вершини з найменшим значенням  $f$  обираються в першу чергу.

Функція  $f(x)$  для вершини визначається так:

$$f(x) = g(x) + h(x)$$

де  $g(x)$  - функція, значення якої дорівнюють вартості шляху від початкової вершини до  $x$ ,

$h(x)$  - евристична функція, оцінює вартість шляху від вершини  $x$  до кінцевої.

Використана евристика не повинна давати завищену оцінку вартості шляху. Прикладом оцінки може служити пряма лінія: загальний шлях не може бути коротшим за пряму лінію.

Алгоритм ділить вершини на три класи:

– невідомі вершини: ці вершини ще не були знайдені. Ще не відомий шлях до них. На початку роботи алгоритму всі вершини, окрім початкової, належать до класу невідомих.

– відомі вершини (OpenList): вже відомий (можливо не оптимальний) шлях до цих вершин. Всі відомі вершини разом зі значеннями  $f$  зберігаються в списку. З цього списку вибираються, в першу чергу, найперспективніші вершини. Конкретна реалізація цього списку має суттєвий вплив на швидкодію алгоритму, і зазвичай має вигляд черги з пріоритетом (наприклад, бінарна купа). На початку роботи алгоритму до відомих вершин належить лише початкова вершина.

– повністю досліджені вершини (ClosedList): до цих вершин вже відомий найкоротший шлях. Повністю досліджені вершини додаються до так званого замкненого списку, аби запобігти багаторазовому дослідженню вже досліджених вершин. Список повністю досліджених вершин на початку роботи алгоритму порожній.

Кожна відома або повністю досліджена вершина має вказівник на попередні вершини. Завдяки цьому вказівникові, можна пройти шляхом від цієї до початкової вершини.

Коли вершину  $x$  буде повністю досліджено (або розкрито, релаксовано), суміжні з нею вершини додаються до списку відомих вершин, а сама вершина додається в список повністю досліджених. Вказівники на попередню вершину встановлюються на  $x$ . Суміжні вершини, які вже знаходяться в списку повністю досліджених вершин, до списку відомих не додаються, а зворотні вказівники не змінюються. Суміжні вершини, які вже знаходяться в списку відомих, лише оновлюються (значення  $f$  та вказівник на попередню вершину), якщо знайдений до них шлях коротший за вже відомий.

Алгоритм зупиняється коли кінцева вершина потрапляє до списку повністю досліджених вершин. Знайдений шлях відтворюється за допомогою вказівників на

попередню вершину. Якщо список відомих вершин порожній, то розв'язку задачі не існує і алгоритм припиняє пошук.

Відтворений за зворотніми вказівниками знайдений шлях починається з кінцевої вершини та прямує до початкової. Аби одразу отримати шлях в правильному напрямі, з початкової вершини до кінцевої, в умовах задачі слід переставити місцями початок та кінець. Якщо шукати шлях починаючи з кінцевої вершини, відтворений список починатиметься з початкової вершини й прямуватиме до кінцевої.

Алгоритм пошуку  $A^*$  знаходить оптимальний шлях між двома вершинами в графі. В залежності від функції вартості, яка задає кожному ребру його «вагу», оптимальність може означати найкоротший, найшвидший або навіть найпростіший шлях. Теоретично, алгоритм може розв'язувати всі задачі, які можна представити у вигляді задачі пошуку оптимального шляху на графі.

Основним недоліком алгоритму  $A^*$  є потреба в пам'яті для збереження всіх відомих та досліджених вершин. Через це алгоритм  $A^*$  непридатний для багатьох задач.

Алгоритм  $A^*$  використовується як для планування шляхів, так і в комп'ютерних іграх. Для планування шляхів, як евристична функція використовується лінійна відстань до цілі, оскільки згідно з нерівністю трикутника вона дає оптимальні оцінки. Також алгоритм  $A^*$  використовується в іграх, в яких необхідно досягти наперед заданий стан.

### Хвильовий алгоритм (Алгоритм Лі)

Хвильовий алгоритм є одним із найунікальніших алгоритмів трасування. Він дозволяє побудувати трасу між двома елементами в будь-якому лабіринті.

З початкового елемента поширюється у 4-х напрямках хвиля. Елемент у який прийшла хвиля утворює фронт хвилі.

Кожен елемент першого фронту хвилі є джерелом вторинної хвилі. Елементи другого фронту хвилі генерують хвилю третього фронту тощо. Процес триває, доки не буде досягнутий кінцевий елемент.

На другому етапі будується сама траса. Її побудова здійснюється відповідно до таких правил:

- Рух при побудові траси здійснюється відповідно до обраних пріоритетів.
- При русі від кінцевого елемента до початкового номера фронту хвилі (шляхові координати) повинні зменшуватися.

Пріоритети напрямку руху вибираються на стадії розробки. Залежно від того, якими задаються ці пріоритети виходять різні траси, але довжина траси в будь-якому випадку залишається однією і тією ж.

Переваги хвильового алгоритму в тому, що за його допомогою можна знайти трасу в будь-якому лабіринті та з будь-якою кількістю заборонених елементів (стін). Єдиним недоліком цього алгоритму є те, що при побудові траси потрібен великий обсяг пам'яті.

### Маршрутний алгоритм

Маршрутний алгоритм має два різновиди:

- Заснований на обчисленні відстані між точками.
- Заснований на рекуррентному співвідношенні.

Маршрутний алгоритм отримав свою назву, тому що здійснює одночасно формування фронту і прокладання траси. Джерелом хвилі на кожному кроці є кінцевий елемент ділянки траси прокладеної на попередніх кроках.

Маршрутний алгоритм, що ґрунтується на обчисленні відстані між точками.

Робота алгоритму починається з початкового елемента. При цьому навколо початкового елемента розглядається 8 елементна околиця. Від кожного елемента

околиці до кінцевого елемента оцінюється довжина колії. При цьому відстань між точками обчислюється за такою формулою:

$$D=|X_i-X_B|+|Y_i-Y_B|,$$

де  $(X_i, Y_i)$  - координати точки околиці.  $(X_B, Y_B)$  - координати кінцевого елемента.

Таким чином обчислюється вісім значень, з яких вибирається мінімальне. Елемент від якого відстань виявилось мінімальним вибирається як елемент траси. Навколо нього знову розглядається 8-ми елементна околиця. Процес триває, доки не буде досягнутий кінцевий елемент. Якщо по дорозі зустрічається перешкода у вигляді забороненого елемента, то обхід перешкоди здійснюється виходячи з інтуїції розробника. При цьому задаються напрями обходу перешкоди.

Маршрутний алгоритм заснований на рекуррентному співвідношенні.

Маршрутний алгоритм можна побудувати на основі наступного рекуррентного співвідношення:

$$y(x) = 2y(x + h) + y(x + 2h) + d,$$

де  $x, y(x)$  - абсцисса і ордината елемента займаного трасою цьому кроці,

$(x + h)$  – ордината елемента займаного трасою на попередньому кроці,

$(x + 2h)$  - ордината елемента віддаленого від обчислюваного на 2 кроки,

$h$  – величина зміни абсциси на кожному кроці,

$d$  – це функція, що визначає вид траси. Якщо  $d=0$ , то будується прямолінійна траса, якщо  $d=\text{const}$ , будується параболічна траса.

Ордината чергового елемента траси обчислюється за рекуррентною формулою, а абсциса траси обчислюється за формулою:

$$D=X_n=X_{n-1}+h$$

Знак "+" або "-" в рекуррентній формулі вибирається виходячи з того, звідки починається побудова траси, з початкового елемента "+", і відповідно з кінцевого "-".

За цією формулою, щоб обчислити 3-й елемент траси, необхідно знати два попередні. Першим елементом є вихідний елемент  $A(XA, YA)$ , тоді ордината другого елемента обчислюється за такою формулою:

$$Y(X) = Y(XA) + ((Y(XA) - Y(XB)) / (XA - XB)) * h$$

Якщо на шляху зустрінеться заборонений елемент, його обхід здійснюється виходячи з інтуїції розробника.

Головною перевагою маршрутного алгоритму є простота, а також можливість руху по діагоналі.

Однією з найважливіших для транспортної логістики є задача комівояжера. Її формулюють наступним чином: дано множину міст, а також відстань між усіма можливими парами міст. Необхідно знайти шлях, який пролягає через усі міста, та повертається у початкове. В умовах завдання вказуються критерій вигідності маршруту (найкоротший, найдешевший, сукупний критерій тощо) і відповідні матриці відстаней, вартості тощо. Зазвичай задано, що маршрут повинен проходити через кожне місто тільки один раз, в такому випадку розв'язок знаходиться серед гамільтонових циклів.

Задачу можна представити у вигляді моделі на графі. Розрізняють різні варіанти задачі, найважливішими з яких є симетрична та асиметрична задачі. У випадку симетричної задачі всі пари ребер між тими самими вершинами мають однакову вагу, тобто для ребер  $d_{ij}$  та  $d_{ji}$  ваги однакові. В симетричному випадку кількість можливих маршрутів вдвічі менша. Симетрична задача моделюється неорієнтовним графом.

Іншими варіантами постановки задачі є геометрична задача комівояжера (коли матриця відстаней відображає відстані між точками на площині), трикутна

задача комівояжера (коли на матриці вартостей виконується нерівність трикутника).

Прості методи розв'язання задачі комівояжера:

- повний лексичний перебір,
- жадібні алгоритми (метод найближчого сусіда),
- метод включення найближчого міста,
- метод найдешевшого включення,
- метод мінімального кістяка дерева.

На практиці застосовують різні модифікації ефективніших методів:

- метод гілок і меж,
- метод генетичних алгоритмів,
- алгоритм мурашиної колонії,
- нейронна мережа Хопфілда,
- алгоритм імітації відпалу.

Всі ефективні (такі, що скорочують повний перебір) методи розв'язання задачі комівояжера – евристичні. У більшості евристичних методів знаходиться не найефективніший маршрут, а наближений розв'язок. Користуються популярністю так звані any-time алгоритми, тобто алгоритми, що поступово покращують деякий поточний наближений розв'язок.

#### Алгоритм найближчого сусіда

Одним з найпростіших евристичних алгоритмів є алгоритм найближчого сусіда. Цей алгоритм, а також йому подібні інколи називають конструктивними, оскільки як їх часто використовують для побудови початкового маршруту, який може піддаватися подальшій оптимізації. Основними перевагами цього алгоритму є його відносно мала обчислювальна складність, простота розуміння і “природність” за принципом дії.

Кроки алгоритму:

1. Обрати довільну початкову точку.
2. Знайти найближчу невіддану точку і перейти до неї.
3. Якщо лишаються невіддані точки, то перейти до кроку 2.
4. Повернутися до початкової точки.

### Оптимізації конструктивних алгоритмів

Для оптимізації маршруту, отриманого за допомогою конструктивного алгоритму, найчастіше застосовуються такі алгоритми, як 2-Opt та 3-Opt. Це сімейство алгоритмів часто називають k-Opt алгоритмами.

Алгоритм 2-Opt полягає у видаленні двох ребер з вже існуючого шляху і заміні їх двома новими за умови, що буде отримано 280 новий коротший шлях. При видаленні ребра AB та DC і заміною їх новими ребрами AD та BC утвориться новий цикл, і якщо довжина нового шляху менша ніж у попереднього, то перебудовується існуючий шлях. У протилежному випадку аналізується наступне ребро, не змінюючи існуючого маршруту. Ця дія повторюється для кожної пари ребер.

Аналогічно працює алгоритм 3-Opt, у якому виконується заміна трьох ребер.

Логічним продовження описаних методів оптимізації маршруту є використання “більших k”, тобто 4, 5 і більше. Зі збільшенням кількості ребер, що видаляються, збільшується кількість можливих перестановок, що, своєю чергою, збільшує час роботи алгоритму і робить його неприйнятним для задач великої розмірності.

Метод Ліна – Кернігана є вдосконаленням методів типу k-opt і передбачає використання початкового субоптимального маршруту та його оптимізацію. Кількість ребер (число k), які будуть замінені на кожному кроці алгоритму, змінюється динамічно.

Сьогодні розроблено багато модифікацій алгоритму Ліна–Кернігана: багаторівневий алгоритм Ліна–Кернігана, ланцюговий алгоритм Ліна–Кернігана, паралельна модифікація алгоритму Ліна–Кернігана. Найефективнішою модифікацією алгоритму вважається метод Ліна–Кернігана–Гельсгауна, що полягає в удосконаленні правил вибору ребер, що будуть замінені.

### Алгоритм мурашиної колонії

Основою для «мурашиного» алгоритму є імітація колективної поведінки мурах. Система мурашиної колонії заснована на простих правилах автономної поведінки кожної мурахі. Незважаючи на примітивність дій однієї мурахі, діяльність всієї колонії досить розумна, і представляє собою багатоагентну систему, що заснована на непрямому обміні (stigmergy).

Стігмергія – механізм спонтанної непрямой взаємодії між особами, що полягає в залишенні однією особиною в навколишньому середовищі мітки, що стимулюють подальшу активність інших особин. Така взаємодія відбувається через спеціальну хімічну речовину- феромон (pheromone). Концентрація феромону на шляху визначає перевагу руху по ньому. Адаптивність поведінки реалізується випаровуванням феромона, який в природі сприймається мурахами протягом декількох діб. Використання алгоритму мурашиної колонії було запропоновано для розв’язання задачі комівояжера в 1992 р. Марком Доріго. Алгоритм можна описати в 3 етапи:

1. Перша мураха знаходить джерело їжі через якийсь шлях. Потім повертається до гнізда, залишивши за собою слід з феромонів.
2. Мурахи вибирають будь-який шлях, але шлях, на якому відчуються феромон, більш привабливий тому що є найкоротшим.
3. Так як мурахи обирають шлях, де феромон відчувається більше, інші втрачають щільність сліду феромонів.

Найбільш відомі модифікації мурашиного алгоритму:

- Elitist Ant System (алгоритм «елітних мурах»);

- Ant-Q (система навчання з підкріпленням);
- Ant Colony System (зміна рівня феромону та додаткові правила переходу);
- Max-min Ant System («max-min» мурашина система);
- ASrank (мурахи ранжуються у відповідність з довжинами пройдених ними шляхів).

Одним з варіантів покращення алгоритму стало введення в алгоритм «елітних мурах». Суть полягає у виділенні найбільш короткого шляху на кожній ітерації додатковою кількістю феромону. Досліди показали, що до певного моменту, збільшення кількості «елітних мурах» позитивно впливає на збіжність алгоритму, проте з певного значення алгоритм знаходить субоптимальне рішення і зациклюється в ньому, тому оптимальну кількість мурах, як і інші змінні параметри потрібно визначати дослідним шляхом.

Іншим способом стала «max-min» мурашина система. Відмінностями якої є те, що в цьому алгоритмі ребрам присвоюється певне максимальне значення феромону і підвищення концентрації феромону відбувається тільки на найкоротшому шляху кожної ітерації. А увага до локальних екстремумів компенсується введенням максимального і мінімального значення феромону на ребрі, що захищає алгоритм від сходження до субоптимальних рішень.

Ще однією ідеєю стало ранжування мурах в залежності від довжини маршруту, який вони пройшли на кожній ітерації. Таким чином, коротші маршрути отримували більшу кількість феромону, і навпаки. Крім цього, для більш вдалого дослідження найкоротших шляхів, алгоритм використовує елітних мурах.

## 2.6. Моделі бази геопросторових даних транспортної логістики

Концептуальна модель – це високорівневий абстрактний опис концептів предметної сфери (понять, складу, структури та зв'язків) з використанням базових формалізмів обраного загального підходу моделювання даних (у нашому розгляді,

реляційного або об'єктно-орієнтованого) незалежно від фізичного середовища реалізації бази даних.

Застосування мови концептуальних схем для розроблення концептуальних схем – фундаментальне питанням стандартизації баз даних та географічної інформації. В комплексі стандартів географічної інформації ISO 19100 концептуальне моделювання має дві мети:

1) Забезпечення точного визначення географічної інформації та геоінформаційних сервісів;

2) Стандартизація визначень географічної інформації та геоінформаційних сервісів, що забезпечує інтероперабельність програмних систем у розподілених обчислювальних середовищах.

Розробка моделі бази даних інформаційних ресурсів туристичного геопорталу включає: розробку структури БД, визначення набору даних і виявленням їх взаємозв'язків між ними, визначення області допустимих значень для кожного аргументу.

Модель повинна включати набір (послідовність) базових функцій або, використовуючи інформаційну термінологію побудови функціональних моделей даних - набір сутностей, що характеризують об'єкт. Кожна базова функція (сутність) має ряд аргументів (атрибутів), які розкривають ті чи інші параметри функції.

Ключовий атрибут- це атрибут, за значеннями якого можна однозначно визначити значення інших атрибутів цього ж об'єкту. Ключових атрибутів може бути кілька, залежно від конкретних умов, але значення ключового атрибуту не може дорівнювати нулю.

Взаємозв'язок між об'єктами виражає відображення або зв'язок між двома множинами даних. Розрізняють три типи взаємозв'язків:

– Зв'язок “один-до-одного” допускає в даний момент часу зв'язок лише між двома об'єктами,

– Зв'язок “один-до-багатьох” допускає зв'язок з одним об'єктом кількох інших об'єктів,

– Зв’язок “багато-до-багатьох” допускає зв’язок кількох об’єктів з необмеженою кількістю інших об’єктів.

Мова концептуальних схем забезпечує семантичні та синтаксичні елементи, що використовуються для формалізованого описування концептуальної моделі з послідовним викладенням змісту.

Опис концептуальної моделі з використанням мови концептуальних схем називається концептуальною схемою. Оскільки мова концептуальних схем забезпечує уніфіковані метод та формат подання інформації, то читати й редагувати отримувану в результаті концептуальну схему можуть як комп’ютерні системи, так і люди. Мова концептуальних схем – формальна мова, яка містить усі лінгвістичні конструкції, необхідні для формулювання концептуальної схеми та маніпулювання її вмістом. Концептуальна схема, яка визначає принципи опису даних предметної сфери, називається прикладною схемою.

При моделюванні баз даних для наглядності застосовують графічні зображення множини елементів у вигляді зв’язаного графу з вершинами (сутностями) та ребрами (зв’язками) – діаграми [Буч та ін. 2006, с. 471].

Концептуальну модель бази геопросторових даних створюють у вигляді діаграми «сутність – зв’язок» (ER-діаграми) з використанням системи позначень UML, Пітера Чена або «вороняча лапка».

При розробленні ER-діаграми користуються наступними поняттями.

Тип сутності – група об’єктів з однаковими властивостями, яка розглядається в конкретній предметній області як така, що існує незалежно.

Екземпляр сутності – об’єкт, що однозначно ідентифікується та відноситься до сутності певного типу.

Тип зв’язку – набір осмислених асоціацій між сутностями різних типів.

Екземпляр зв’язку – асоціація, що однозначно ідентифікується та яка включає по одному екземпляру сутності з кожного типу сутності, що бере участь у зв’язку.

Атрибут – властивість типу сутності або типу зв'язку.

Можна узагальнити поняття «тип сутності» (група об'єктів реального світу з однаковими властивостями) та «екземпляр сутності» (один об'єкт з групи) поняттям «сутність», а поняття «тип зв'язку» та «екземпляр зв'язку» – поняттям «зв'язок», якщо це не призведе до викривлення змісту.

Сутності графічно позначають прямокутниками з ім'ям всередині. Зв'язки показані у вигляді ромба з іменем зв'язку всередині. Учасники кожного зв'язку з'єднуються з ромбом відповідного зв'язку суцільними лініями. Атрибути зображуються еліпсами.

На діаграмі зображують всі обмеження, що відносяться до сутностей, зв'язків та атрибутів. Зокрема, кожна лінія між сутністю та зв'язком має позначення «1» або «М», яке вказує, який степінь зв'язку між сутностями – «один до одного», «один до багатьох» чи «багато до багатьох».

ER-діаграми є недостатньо точними для створення схем баз даних, тому що в них відсутній опис багатьох важливих деталей. Найголовніші з них ті, що відносяться до цілісності даних [Коноллі та ін. 2003, с. 397-398, 400-401, 1365-1368; Дейт 2005, с. 53-54, 541-543].

Для створення структурно-логічної моделі БГД використовуються UML (Уніфікована мова моделювання) – мова візуалізації, специфікації, конструювання і документування артефактів програмних систем. В UML визначено декілька видів діаграм, зокрема діаграма класів, яка застосовується для структурно-логічного моделювання.

Діаграма класів – структурна діаграма, на якій зображена множина класів, інтерфейсів, кооперацій і зв'язків між ними.

Структурні сутності – це «іменники» в UML-моделях. Вони включають в себе, зокрема, класи. Останні позначаються на діаграмі у вигляді прямокутника, розділеного на частини. У верхній частині записується ім'я класу, у частині нижче – атрибути цього класу із зазначенням назв, типів даних та видимості (публічний,

приватний чи захищений). Ще нижче можна вказати операції, які можна здійснити над класом.

Вищевказані сутності поєднуються зв'язками. В даній мові визначено декілька типів зв'язків.

Залежність – це семантичний зв'язок між двома сутностями, при якій зміна однієї сутності (незалежної) може вплинути на семантику іншої (залежної). Залежність позначається штриховою лінією зі стрілкою, що вказує в бік головного елемента.

Узагальнення (генералізація) – зв'язок, при якому об'єкти спеціалізованого елемента (нащадка) можуть заміщувати об'єкти більш загального елемента (батьківського). Узагальнення зображують суцільною лінією із трикутною незафарбованою стрілкою в напрямку від «часткового» до «загального» [Буч та ін. 2006, с. 454-458].

Відношення асоціації відповідає існуванню деякого відношення між класами. Дане відношення позначається суцільною лінією.

Агрегація і композиція – часткові випадки асоціації.

Агрегація застосовується, коли один з класів являє собою деяку сутність, що включає в себе в якості складових частин інші сутності. Це відношення використовується для відображення взаємозв'язків типу «частина-ціле». Графічно відношення агрегації зображується суцільною лінією, на одному кінці знаходиться незафарбований ромб. Він вказує на той клас, який являє собою «ціле». Інші класи є його «частинами».

Відношення композиції є частковим випадком відношення агрегації. Композиція слугує для виділення спеціальної форми відношення «частина-ціле», при якому частини не можуть виступати окремо від цілого, тобто із знищенням цілого зникають і всі його частини. Графічно це відношення виглядає як суцільна лінія із зафарбованим ромбом на кінці. Ромб вказує на клас-композицію або «ціле». Інші класи – «частини».

Крім напрямку та типу для зв'язків вказують імена зв'язків, імена класів та кратність об'єктів у класах [Леоненков 2007].

Розроблено концептуальну та логічну моделі бази геопросторових даних для визначення логістики перевезень в туризмі у вигляді діаграм класів на мові UML.

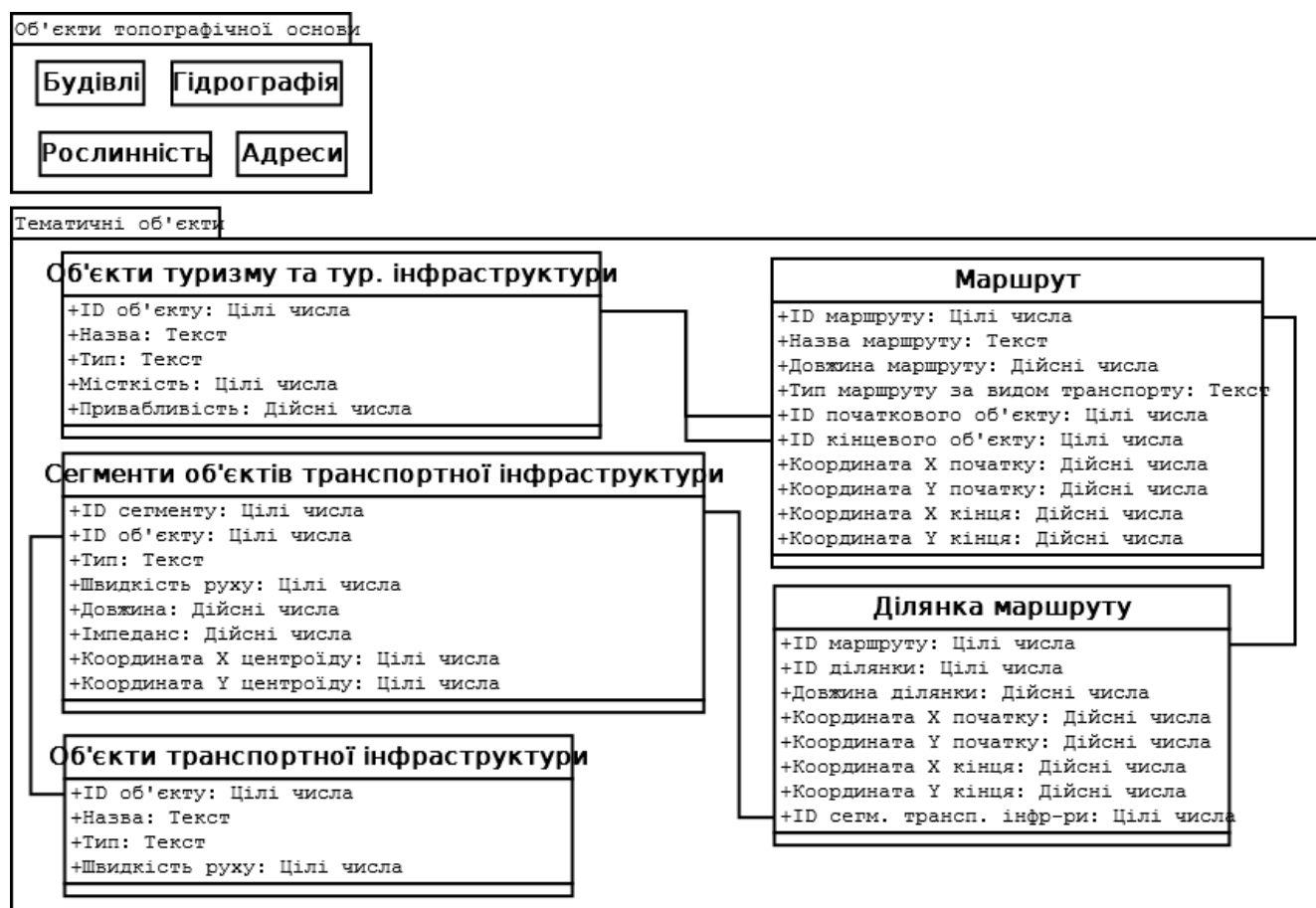


Рис. 2.1.1. Концептуальна модель БГД

Концептуальна модель бази геопросторових даних складається із двох груп класів об'єктів – «Об'єкти топографічної основи», які являють собою основу для картографування, та «Тематичні об'єкти», які являють собою тематичний зміст цифрової карти та беруть участь у геопросторовому аналізі із прокладання оптимального маршруту.

Розглянемо докладніше класи групи «Тематичні об'єкти».

Об'єкти туризму та туристичної інфраструктури – клас, який містить відповідні точкові об'єкти. Призначений для моделювання привабливих для

туриста об'єктів та місць розміщення туристів. При прокладанні маршруту привабливі в туристичному відношенні об'єкти мають бути включені до нього. При багатоденному перебуванні туриста в певній місцевості місця розміщення грають роль відправної та кінцевої точки для кожного одноденного екскурсійного маршруту.

Маршрут – клас лінійних об'єктів, призначений для моделювання найбільш оптимального шляху транспортування туристів. Складається із ділянок маршруту, які можуть співпадати із сегментами об'єктів транспортної інфраструктури. Прокладається через об'єкти туризму та туристичної інфраструктури.

Об'єкти транспортної інфраструктури – клас лінійних об'єктів, що призначений для моделювання вулично-дорожньої мережі досліджуваної території, містить сегменти об'єктів транспортної інфраструктури (які відповідають сегментам об'єктів у шарах вихідних даних). По об'єктах цього класу виконується прокладання найбільш оптимального маршруту за допомогою вбудованого в ГІС або реалізованого власноруч алгоритму пошуку. При цьому до уваги можуть бути взяті довжина сегменту та максимальна швидкість автомобільного руху по ділянці. В даній роботі пропонується враховувати обидві характеристики. Для уникнення зайвих обчислень при кожному прокладанні маршруту пропонується узагальнити дві характеристики у вигляді значення атрибуту «Імпеданс».

Класи об'єктів топографічної основи моделюються на основі каталога об'єктів і атрибутів бази топографічних даних.

Каталог об'єктів бази топографічних даних містить узагальнений набір визначень для класифікації явищ реального світу і забезпечує спосіб організації даних для топографічного картографування та геоінформаційних системах різного призначення, в яких топографічні дані використовуються як основа для створення профільних наборів даних та/або для просторової прив'язки нових об'єктів певної предметної сфери.

Принципи побудови Каталогу засновані на положеннях міжнародного стандарту ISO 19110 та полягають в наступному:

Каталог є наскрізним, тобто не пов'язаним зі ступенем деталізації, що встановлюється для цифрових топографічних карт і планів або інших видів цифрової моделі місцевості конкретного масштабу. Тобто Каталог не накладає ніяких обмежень на величину й точність описуваних у ньому об'єктів.

Каталозі виділено класи об'єктів, ідентифікація яких може бути виконана незалежно від джерела одержання інформація про об'єкти. Детальніша ідентифікація об'єкта повинна здійснюватися за рахунок приєднання до опису об'єкта відповідних атрибутів та значень атрибутів. Наприклад, до каталогу не входять такі об'єкти, як «готель» або «ресторан», тому що подібні об'єкти не завжди можуть бути виявлені, наприклад, при обробці аерофотознімків. Вище вказані об'єкти повинні бути описані як «будова» з атрибутом «функціональне призначення» зі значенням відповідно «готель» й «ресторан».

Картографічні об'єкти й характеристики об'єктів, пов'язані з їхнім картографічним відображенням, у Каталог не включені, але можуть бути використані при формуванні класифікаторів й правил цифрового опису об'єктів, що розробляються для різних технологій або при створенні ЦММ різних видів і призначення.

На опис об'єкта місцевості в Каталозі не накладаються обмеження щодо способу його просторового подання, тобто об'єкт у Каталозі описаний поза його зв'язком з конкретним типом просторової локалізації й правилами цифрового опису.

Каталог визначає тільки класи об'єктів місцевості та їхніх характеристик, що підлягають опису в складі бази даних, не торкаючись їхньої тематичної класифікації або тематичного об'єднання в групи, крім груп, які визначено в самому стандарті.

Класи об'єктів місцевості, атрибути об'єктів та їх значення, а також асоціації об'єктів в каталозі описуються відповідно до спільної принципової

схеми каталогу з дотриманням таких загальних правил ISO 19110 до визначення елементів каталогу:

- усі класи, атрибути, асоціації, ролі асоціацій об'єктів місцевості, що включені до каталогу, ідентифіковані назвою, яка є унікальною в межах Каталогу;
- визначення класів об'єктів, атрибутів, переліків значень атрибутів, асоціацій, ролей асоціацій об'єктів подаються природною мовою. Усі ці визначення включені до каталогу. Для деяких класів об'єктів вказуються джерела визначень. Якщо один термін зустрічається і в джерелі, і в каталозі, то визначення має бути забезпечено у каталозі.



Рис. 2.1.2. Принципова схема каталогу об'єктів за стандартом ISO 19110

Кожен клас об'єкту в Каталозі ідентифіковано назвою та описом на природній мові, а також літерно-цифровим кодом, який є унікальним в межах каталогу. Атрибути об'єктів ідентифіковано і визначено для кожного класу об'єкту місцевості. Код значення атрибуту є унікальним в межах опису атрибуту об'єкту місцевості, в якого є список можливих значень.

Моделювання об'єктів туристичної та транспортної інфраструктури на сьогоднішній день не є стандартизованим. Тому далі пропонується розроблений каталог об'єктів та атрибутів бази геопросторових даних для визначення транспортної логістики в туризмі.

Таблиця 2.1.1

<b>Назва типу</b>	Об'єкти туризму та туристичної інфраструктури				
<b>Ідентифікатор типу</b>	Obj_Tur_Infr				
<b>Код типу</b>	01				
<b>Визначення</b>	Просторові об'єкти, що включають в себе об'єкти туризму (привабливі для туристів) та об'єкти туристичної інфраструктури (що забезпечують туризм)				
<b>Obj_ID</b>	ID об'єкта				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор просторового туристичного об'єкта				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0101
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Name</b>	Назва				
<b>Визначення</b>	Назва туристичного об'єкту				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0102
<b>Домен</b>	Набір символів			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Obj_type</b>	Тип				
<b>Визначення</b>	Тип туристичних об'єктів				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0103
<b>Домен</b>	Набір символів			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Capacity</b>	Місткість				
<b>Визначення</b>	Кількість туристів, що можуть одночасно відвідати туристичний об'єкт				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0104
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	ос.

<b>Attractiveness</b>	Привабливість				
<b>Визначення</b>	Привабливість об'єкта туризму чи туристичної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0105
<b>Домен</b>	Дійсні числа, $0 < \text{Attractiveness} < 1$			<b>Одиниця виміру</b>	-

Таблиця 2.1.2

<b>Назва типу</b>	Маршрут				
<b>Ідентифікатор типу</b>	Route				
<b>Код типу</b>	02				
<b>Визначення</b>	Найбільш оптимальний туристичний маршрут між заданими об'єктами туризму та туристичної інфраструктури. Маршрут прокладається по мережі об'єктів транспортної інфраструктури.				
<b>Route_ID</b>	ID маршруту				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор туристичного маршруту				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0201
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Route_name</b>	Назва маршруту				
<b>Визначення</b>	Назва туристичного маршруту				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0202
<b>Домен</b>	Набір символів			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Route_length</b>	Довжина маршруту				

<b>Визначення</b>	Довжина туристичного маршруту, обчислена у обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0203
<b>Домен</b>	Route_length > 0			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>Type_by_transp</b>	Тип маршруту за видом транспорту				
<b>Визначення</b>	Тип маршруту за видом транспорту (наприклад, пішохідний, автомобільний, автобусний тощо)				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0204
<b>Домен</b>	Набір символів			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Start_obj_ID</b>	ID початкового об'єкта				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор початкового об'єкта туризму або туристичної інфраструктури на маршруті				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0205
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>End_obj_ID</b>	ID кінцевого об'єкта				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор кінцевого об'єкта туризму або туристичної інфраструктури на маршруті				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0206
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Start_X</b>	Координата X початку				
<b>Визначення</b>	Координата X початку туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0207
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м

Закінчення табл. 2.1.2

<b>Start_Y</b>	Координата Y початку				
<b>Визначення</b>	Координата Y початку туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0208
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>End_X</b>	Координата X кінця				
<b>Визначення</b>	Координата X кінця туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0209
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>End_Y</b>	Координата Y кінця				
<b>Визначення</b>	Координата Y кінця туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0210
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м

Таблиця 2.1.3

<b>Назва типу</b>	Секція маршруту
<b>Ідентифікатор типу</b>	Route_Section
<b>Код типу</b>	03
<b>Визначення</b>	Частина найбільш оптимального туристичного маршруту між заданими об'єктами туризму та туристичної інфраструктури
<b>Section_ID</b>	ID частини маршруту
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор частини туристичного маршруту. Первинний ключ

<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0301
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Route_ID</b>	ID маршруту				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор туристичного маршруту. Зовнішній ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0302
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Section_length</b>	Довжина секції маршруту				
<b>Визначення</b>	Довжина секції туристичного маршруту, обчислена у обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0303
<b>Домен</b>	Section_length > 0			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>Start_X</b>	Координата X початку				
<b>Визначення</b>	Координата X початку частини туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0304
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>Start_Y</b>	Координата Y початку				
<b>Визначення</b>	Координата Y початку частини туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0305
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>End_X</b>	Координата X кінця				

Закінчення табл. 2.1.3

<b>Визначення</b>	Координата X кінця частини туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0306
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>End_Y</b>	Координата Y кінця				
<b>Визначення</b>	Координата Y кінця частини туристичного маршруту в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0307
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м

Таблиця 2.1.4

<b>Назва типу</b>	Частина об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Ідентифікатор типу</b>	Segm_Obj_Tran_Infr				
<b>Код типу</b>	04				
<b>Визначення</b>	Частина об'єкту транспортної інфраструктури, по якій проходить туристичний маршрут				
<b>Segment_ID</b>	Ідентифікатор частини об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор частини об'єкту транспортної інфраструктури. Первинний ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0401
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Obj_ID</b>	ID об'єкту				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор об'єкту транспортної інфраструктури. Зовнішній ключ				

<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0402
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Segm_length</b>	Довжина частини об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Визначення</b>	Довжина частини об'єкту транспортної інфраструктури, обчислена у обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0403
<b>Домен</b>	Section_length > 0			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>Segm_type</b>	Тип частини				
<b>Визначення</b>	Тип частини об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0404
<b>Домен</b>	Текстовий рядок			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Impedance</b>	Імпеданс				
<b>Визначення</b>	Величина витрат на проходження частини об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0405
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>X_Centroid</b>	Координата X центроїду				
<b>Визначення</b>	Координата X центроїду частини об'єкту транспортної інфраструктури в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0406
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>Y_Centroid</b>	Координата Y центроїду				

Закінчення табл. 2.1.4

<b>Визначення</b>	Координата Y центроїду частини об'єкту транспортної інфраструктури в обраній системі координат проекції				
<b>Тип даних</b>	Float	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0407
<b>Домен</b>	Дійсні числа			<b>Одиниця виміру</b>	м
<b>Speed</b>	Швидкість				
<b>Визначення</b>	Максимальна дозволена швидкість проходження частини об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0408
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	км/год

Таблиця 2.1.5

<b>Назва типу</b>	Об'єкт транспортної інфраструктури				
<b>Ідентифікатор типу</b>	Obj_Tran_Infr				
<b>Код типу</b>	05				
<b>Визначення</b>	Об'єкт транспортної інфраструктури міста (вулично-дорожня мережа, залізниця)				
<b>Obj_ID</b>	ID об'єкту				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор об'єкту транспортної інфраструктури. Первинний ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0501
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Name</b>	Назва об'єкту				
<b>Визначення</b>	Власна назва об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0502

Закінчення табл. 2.1.5

<b>Домен</b>	Текстовий рядок			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Obj_type</b>	Тип об'єкту				
<b>Визначення</b>	Тип об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Char	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0503
<b>Домен</b>	Текстовий рядок			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Speed</b>	Швидкість				
<b>Визначення</b>	Максимальна дозволена швидкість проходження об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0504
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	км/ГОД

Таблиця 2.1.6

<b>Назва типу</b>	Туристичні об'єкти на маршрутах				
<b>Ідентифікатор типу</b>	Routes_Objects				
<b>Код типу</b>	06				
<b>Визначення</b>	Туристичні об'єкти, через які проходить туристичні маршрути. Додаткова зв'язуюча таблиця для відношення "багато до багатьох"				
<b>ID</b>	ID туристичних об'єктів				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор туристичного об'єкту на маршруті. Первинний ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0601
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-

Закінчення табл. 2.1.6

<b>Route_ID</b>	ID туристичного маршруту				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор туристичного маршруту. Зовнішній ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0602
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Obj_ID</b>	ID туристичних об'єктів				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор туристичного об'єкту. Зовнішній ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0603
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-

Таблиця 2.1.7

<b>Назва типу</b>	Частини маршрутів на частинах об'єктів транспортної інфраструктури				
<b>Ідентифікатор типу</b>	Segm_Section				
<b>Код типу</b>	07				
<b>Визначення</b>	Частини маршрутів, що проходять по частинах об'єктів транспортної інфраструктури. Додаткова зв'язуюча таблиця для відношення "багато до багатьох"				
<b>ID</b>	ID частин маршрутів на частинах об'єктів транспортної інфраструктури				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор частин маршрутів, що проходять по частинах об'єктів транспортної інфраструктури. Первинний ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0701
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-

<b>Segm_ID</b>	ID частини об'єкту транспортної інфраструктури				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор частини об'єкту транспортної інфраструктури, по якій проходить частина туристичного маршруту. Зовнішній ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0702
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-
<b>Section_ID</b>	ID частини туристичного маршруту				
<b>Визначення</b>	Унікальний ідентифікатор частини туристичного маршруту, яка проходить по частині об'єкту транспортної інфраструктури. Зовнішній ключ				
<b>Тип даних</b>	Integer	<b>Статус</b>	Основний	<b>Код</b>	0703
<b>Домен</b>	Цілі числа			<b>Одиниця виміру</b>	-

Розроблену логічну модель бази геопросторових даних для визначення логістики перевезень в туризмі подано нижче.

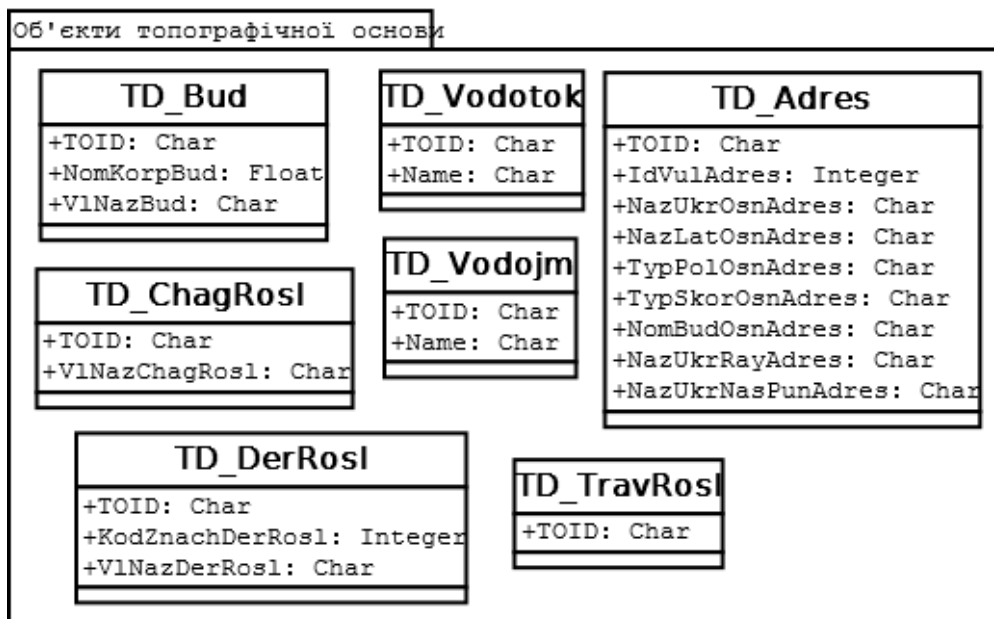
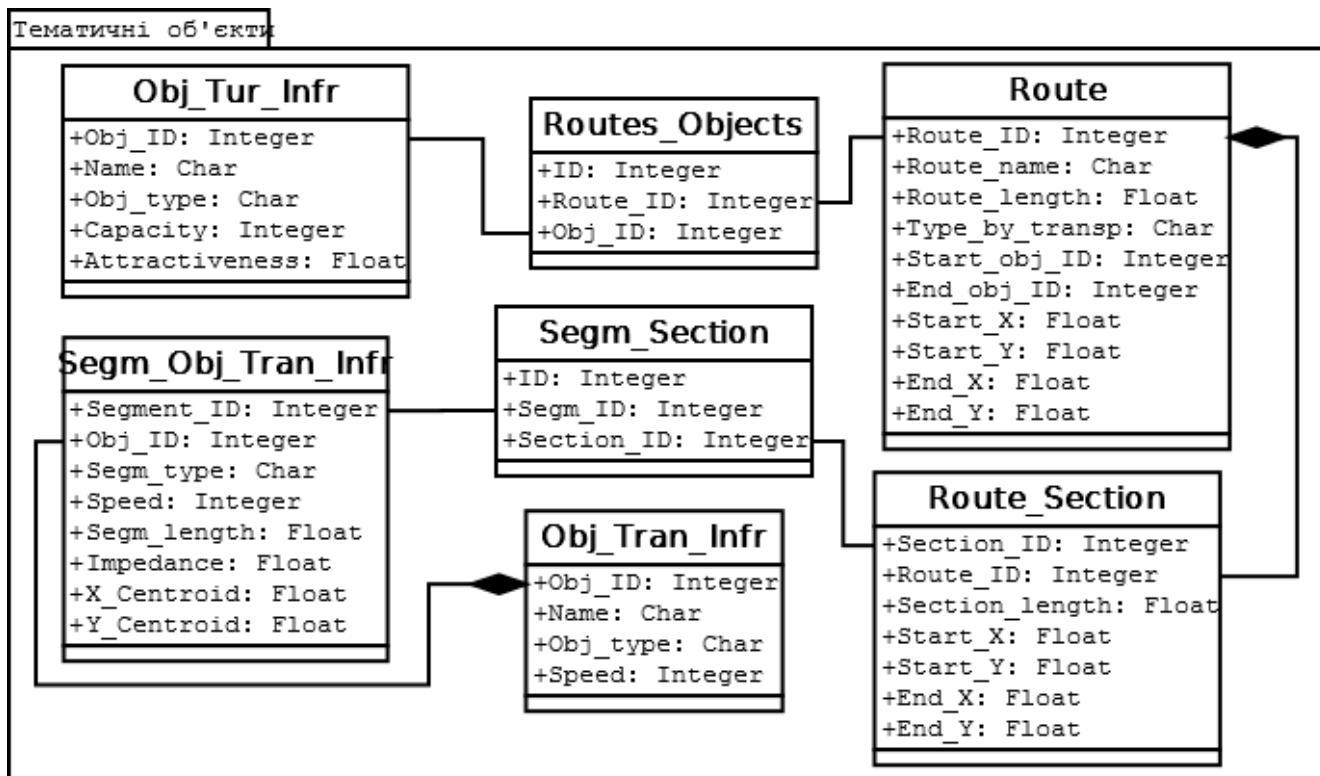


Рис. 2.1.3. Логічна модель БГД

Перелік класів логічної моделі бази геопросторових даних, в основному, збігається із переліком класів концептуальної моделі. Винятковими випадками є наступні:

- додаткові класи топографічної основи запроектовані внаслідок розмежування концептуальних класів «Рослинність» та «Гідрографія» на окремі класи згідно з каталогом об'єктів і атрибутів бази топографічних даних,
- додаткові класи Routes\_Objects та Segm\_Section створені для реалізації зв'язку «багато до багатьох» між об'єктами відповідних класів.

## Висновки до розділу 2

У цьому розділі виконано аналіз нормативно-правового забезпечення формування турів, діяльності підприємств у сфері туризму для забезпечення всіма необхідними послугами організованих груп туристів.

Розглянуто методичне забезпечення створення турпродукту, методику проектування турів.

Описані форми даних, що застосовуються в геоінформаціі для моделювання об'єктів та явищ реального світу.

Розглянуті основні поняття теорії баз даних, моделі даних у БД.

Описано методи моделювання транспортної логістики, основні поняття теорії графів, основні задачі транспортної логістики, алгоритми їх вирішення. До основних задач транспортної логістики відноситься задача прокладання найкоротшого шляху між двома вершинами графу вулично-дорожньої мережі та задача комівояжера.

Для вирішення задачі пошуку по графу використовуються алгоритми пошуку по графу, найвідомішими з яких є алгоритм Дейкстри та A\*. Менш відомими алгоритмами є алгоритми Форда-Бельманна, Флойда-Уоршалла, хвильовий алгоритм, маршрутний алгоритм.

Задача комівояжера може бути вирішена наступними методами:

- повний лексичний перебір,
- жадібні алгоритми (метод найближчого сусіда),
- метод включення найближчого міста,

- метод найдешевшого включення,
- метод мінімального кістяка дерева,
- метод гілок і меж,
- метод генетичних алгоритмів,
- алгоритм мурашиної колонії,
- нейронна мережа Хопфілда,
- алгоритм імітації відпалу.

Розглянуто питання концептуального та логічного моделювання баз геопросторових даних, вимоги до створення моделей та каталогу об'єктів і атрибутів. Розроблено концептуальну модель, каталог об'єктів та атрибутів, логічну модель бази геопросторових даних логістики у туризмі. Також подано текстовий опис запроєктованих класів.

РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ  
ЛОГІСТИКИ В ТУРИЗМІ В СЕРЕДОВИЩІ СКБД POSTGRESQL/POSTGIS

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконав		Степанов М.					7	131
Консульт.						КНУБА, група ГІСТ-61		
Керівник		Лепетюк В.Б.						
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

### РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В ТУРИЗМІ В СЕРЕДОВИЩІ СКБД POSTGRESQL/POSTGIS

В цьому розділі виконано дослідну реалізацію бази геопросторових даних для моделювання транспортної логістики в туризмі з використанням СУБД PostgreSQL/PostGIS.

Для виконання дослідження обрано територію міста Запоріжжя, яке має деякий невикористаний потенціал для розвитку туризму.

Вихідними даними до роботи стали шари з OSM та з містобудівного кадастру м. Запоріжжя, що містять наступні дані:

- точкової локалізації: пам'ятки історико-культурної спадщини, місця розміщення туристів, об'єкти природно-заповідного фонду, об'єкти автотранспортних перевезень.
- лінійної локалізації: вулично-дорожня мережа, водні об'єкти;
- просторової локалізації: територія міста, області, водні об'єкти.

В ході виконання даної роботи було створено базу даних `diplom_magistr_Stepanov`, в яку завантажено ці шари за допомогою утиліти `pgShapeLoader` та функції імпорту з файлів до таблиць бази даних у програмі `pgAdmin`. Також створені атрибутивні таблиці, які вказані у структурній моделі бази даних (рис. 3.1.).

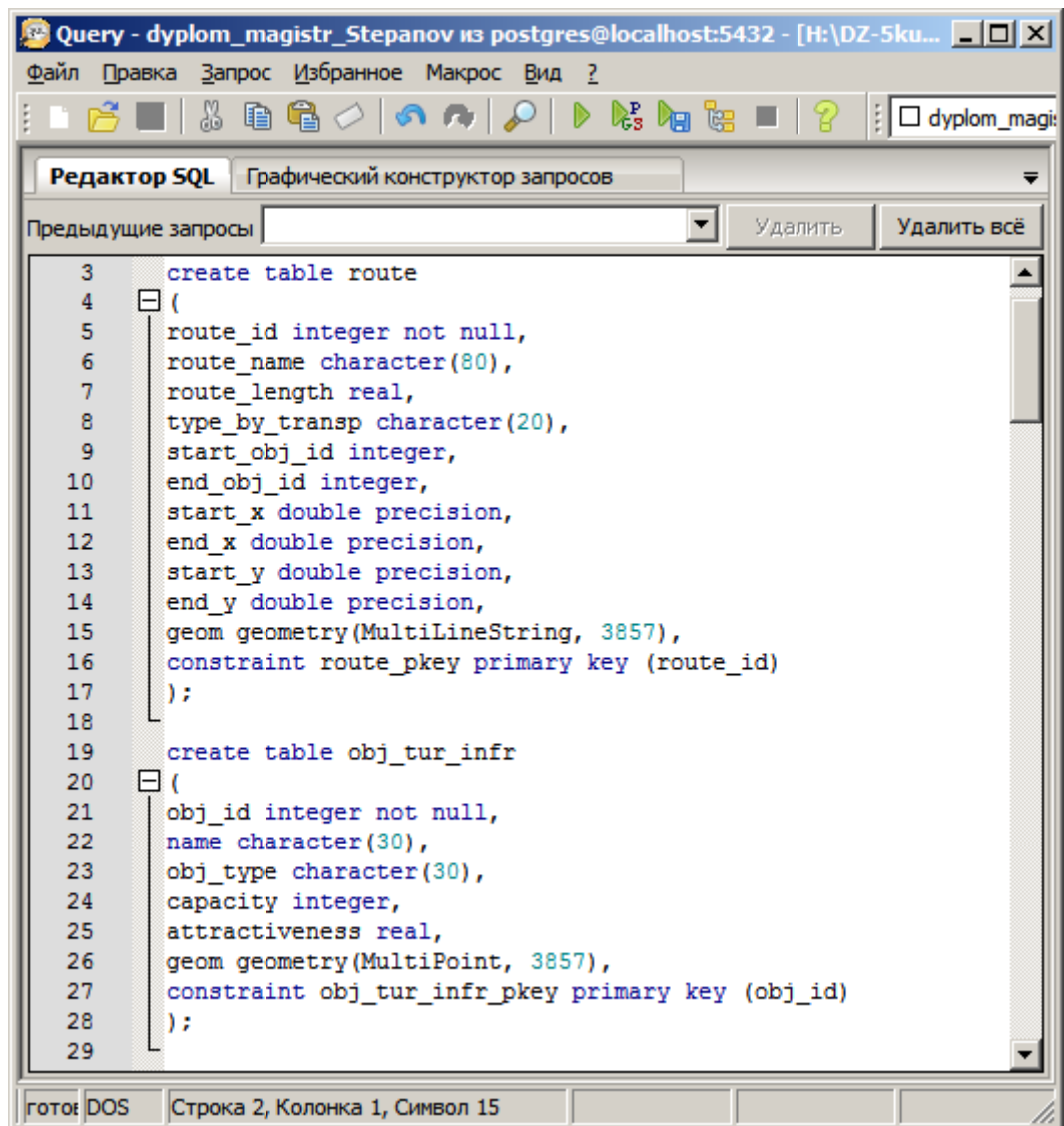


Рис. 3.1. Фрагмент SQL-запиту на створення таблиць бази даних

На першому етапі роботи вихідні дані завантажено в окремі спеціально створені таблиці. На цьому етапі завантажено об'єкти, що знаходяться не лише на дослідній території (м. Запоріжжя), а й на території Запорізької області.

В середовищі QGIS шари вихідних даних відображаються наступним чином (рис. 3.2.)

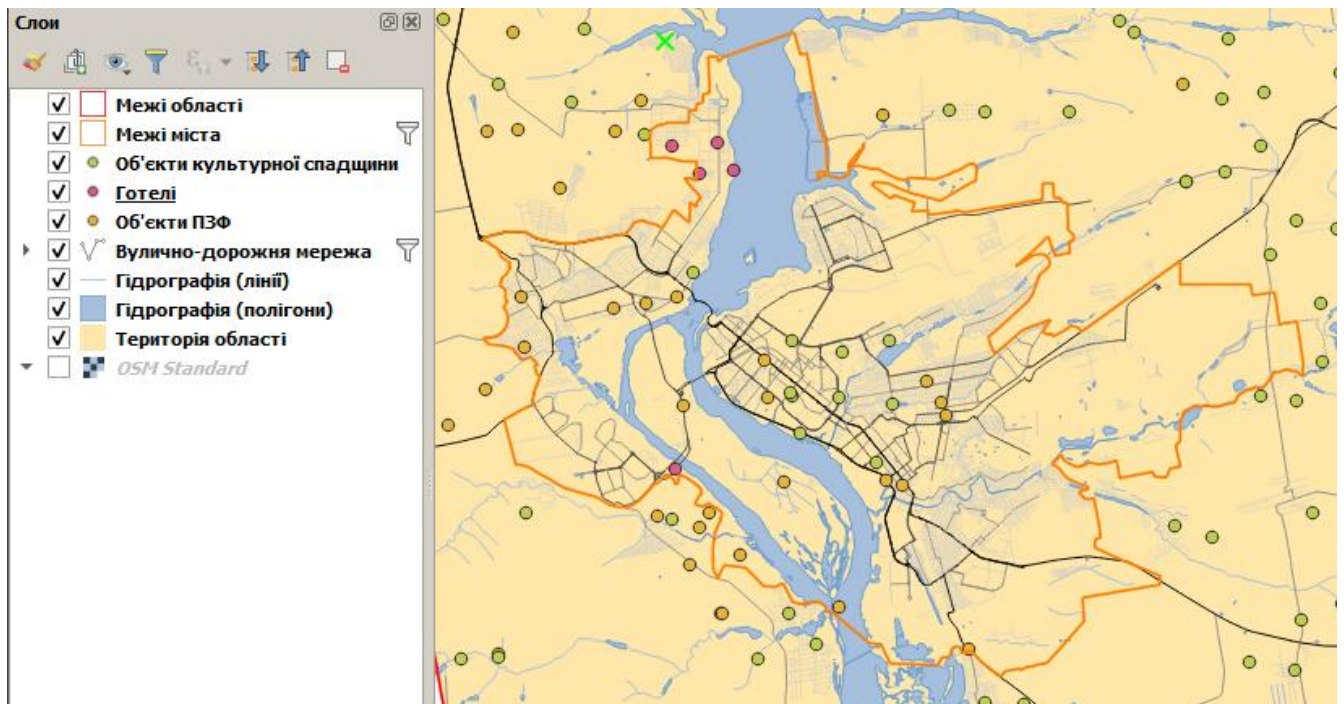


Рис. 3.2. Шари вихідних даних

Наступним кроком виконано вибірку лише тих об'єктів, які знаходяться на території м. Запоріжжя. Ця операція може бути виконана декількома шляхами. Наприклад, за допомогою функції PostGIS `ST_INTERSECTS()`. В даному разі вона виконана за допомогою інструменту векторного аналізу «Перетин» у QGIS (рис. 3.3.)

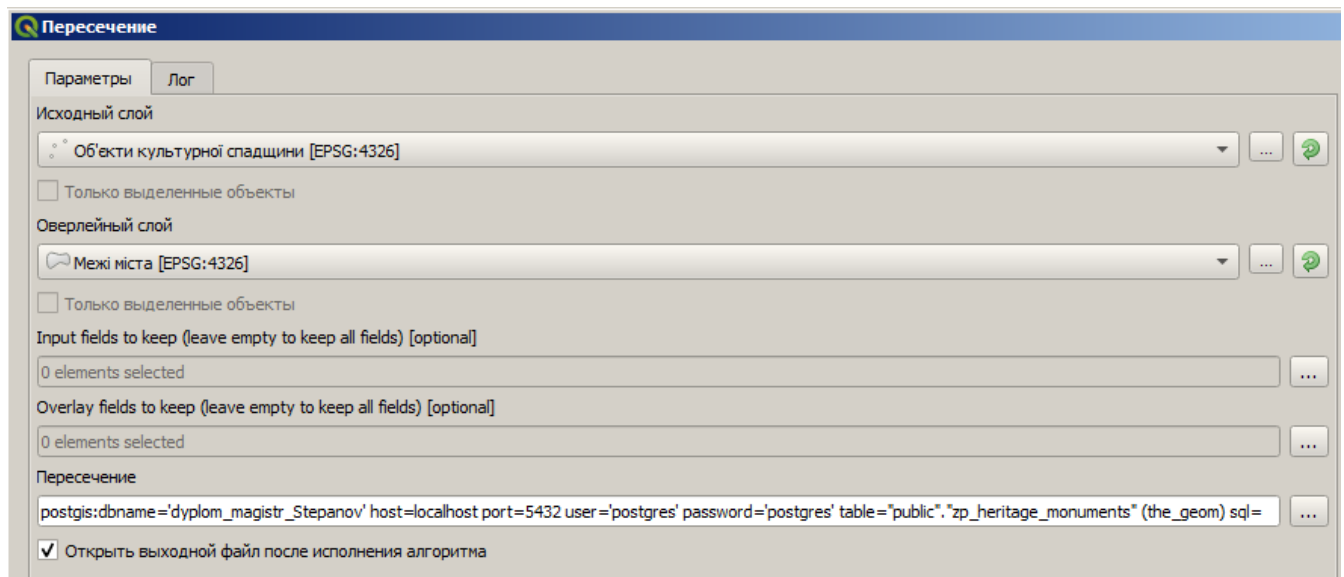


Рис. 3.3. Приклад налаштування інструменту «Перетин»

В результаті виконання цієї операції отримано 3140 сегментів об'єктів вулично-дорожньої мережі міста, п'ять об'єктів розміщення туристів, 16 пам'яток

історико-культурної спадщини, 14 об'єктів природно-заповідного фонду з точковою геометрією. Наприклад, об'єкти вулично-дорожньої мережі відображаються в атрибутивній таблиці таким чином (рис. 3.4.)

	id_0 [PK]	the_geom geometry	id integ	osm_id character	code integ	fclass character var	re character	oneway character	maxsp integer	layer bigint	bridge character	tunnel character	ogc_fid integer	gid integer	name_ukr character var	name_lat character var	shape_len double precision	shape_area double precision	date character var	uid
2314	2314	010500002	7264	379345401	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2315	2315	010500002	7286	379345423	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2316	2316	010500002	7302	379345439	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2317	2317	010500002	7305	379345442	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2318	2318	010500002	7306	379345443	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2319	2319	010500002	7308	379345445	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2320	2320	010500002	7322	379345459	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2321	2321	010500002	7324	379345461	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2322	2322	010500002	7327	379379298	5122	residential	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2323	2323	010500002	7436	379653609	5115	tertiary	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2324	2324	010500002	7331	379520814	5114	secondary	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2325	2325	010500002	7332	379521157	5113	primary	F	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2326	2326	010500002	7333	379522470	5134	secondary_1	F	50	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		
2327	2327	010500002	7334	379523582	5133	primary_lin	B	0	0	F	F	4	5	м. Запоріжжя	m.Zaporizhzh	1.6611328	0.038578	2021-10-08		

Рис. 3.4. Таблиця необроблених вихідних даних

Далі виконано заповнення таблиць туристичних об'єктів, об'єктів транспортної інфраструктури, топографічних об'єктів, які створені згідно запроєктованої схеми бази даних, за допомогою запиту INSERT (рис. 3.5.). Джерелом даних стали таблиці вихідних даних.

Редактирование данных - PostGIS (localhost:5432) - diplom\_magistr\_Stepanov - public.segm\_obj\_tran\_infr

Файл Правка Вид Инструменты ?

Не ограничено

	segment_id [PK] integer	obj_id integer	segm_type character(30)	speed integer	segm_length real	impedance real	x_centroid double precis	y_centroid double precis	geom geometry(Mu
1	1		trunk	110	0.000613468			01050000201	
2	2		trunk	110	0.0214303			01050000201	
3	3		unclassified	0	0.0414889			01050000201	
4	4		tertiary	0	0.0281197			01050000201	
5	5		unclassified	0	0.0537124			01050000201	
6	6		secondary	0	0.0101328			01050000201	
7	7		secondary	0	0.0297491			01050000201	
8	8		secondary	0	0.0363016			01050000201	
9	9		service	0	0.000882378			01050000201	
10	10		trunk	110	0.0488286			01050000201	
11	11		primary	0	0.00125379			01050000201	
12	12		primary	90	0.151667			01050000201	
13	13		trunk	110	0.0359446			01050000201	
14	14		trunk	110	0.000591615			01050000201	
15	15		trunk_link	0	0.00933265			01050000201	
16	16		trunk_link	0	0.00908002			01050000201	
17	17		trunk_link	0	0.000966332			01050000201	
18	18		trunk_link	0	0.000722012			01050000201	
19	19		trunk_link	0	0.00877511			01050000201	
20	20		trunk_link	0	0.00843684			01050000201	

6151 строка.

Рис. 3.5. Заповнення таблиці запроєктованої схеми БД на прикладі таблиці частин об'єктів транспортної інфраструктури

На цьому етапі роботи дані виглядають на карті наступним чином (рис. 3.6.)

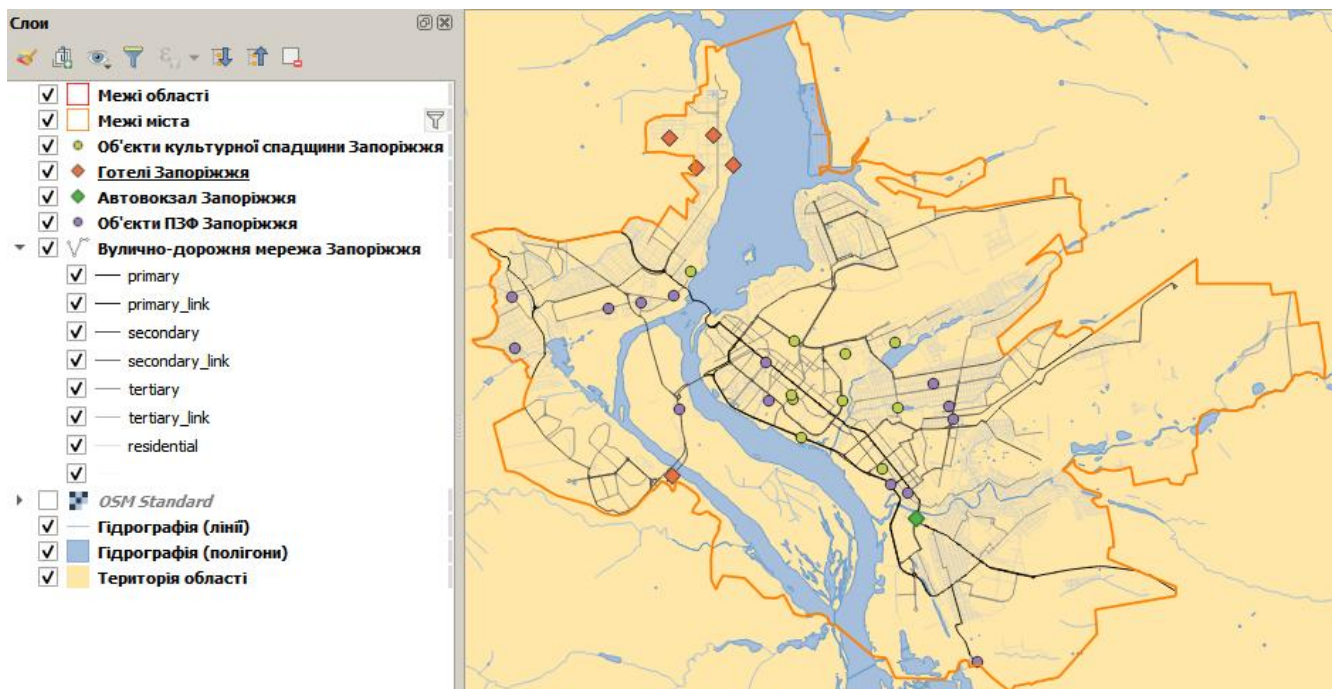


Рис. 3.6. Вигляд даних, що знаходяться на території м. Запоріжжя

## Висновки до розділу 3

Таким чином, у цьому розділі виконано фізичну дослідну реалізацію бази геопросторових даних згідно з розробленою у Розділі 2 логічною моделлю. Дослідна реалізація виконана за допомогою запиту мовою SQL у середовищі програми PGAdmin, що реалізує графічний інтерфейс системи керування базами даних PostgreSQL зі встановленим розширенням PostGIS для роботи із просторовими даними.

Створення та наповнення бази геопросторових даних відбувалось у такій послідовності:

1. Отримання вихідних даних;
2. Створення бази даних у СУБД PostgreSQL;
3. Створення таблиць відповідно до логічної моделі бази даних;
4. Завантаження вихідних даних в окремі таблиці;
5. Виконання вибірки потрібних даних;
6. Внесення даних до запроектованих таблиць бази.

У якості вихідних даних отримано точкові, лінійні та просторові об'єкти, що знаходяться на території м. Запоріжжя. Зазначені об'єкти поділяються на такі категорії: території міста та області, об'єкти транспортної інфраструктури (вулично-дорожня мережа міста, міська автобусна станція), місця, привабливі для туристів (пам'ятки культурної спадщини, об'єкти природно-заповідного фонду), місця розміщення туристів (готелі), гідрографія (лінійні та площинні водойми).

РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТУРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В QGIS

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів	
Виконав		Степанов М.						19	131
Консульт.									
Керівник		Лепетюк В.Б.							
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.							
						КНУБА, група ГІСТ-61			

## РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТУРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В QGIS

В цьому розділі виконано вирішення задач транспортної логістики в туризмі. Маршрути, отримані в результаті рішення задач, можуть бути застосовані при розробці такого туристичного продукту, як тур.

Логістичні задачі вирішено поставити за наступних умов:

- Вид туризму за рівнем організації – організований;
- Вид туризму за транспортним засобом – автобусний або пішохідний;
- Туристам пропонується так званий «тур вихідного дня» (при якому в готелі проводиться 1-3 ночівлі) та в комплект туристичних послуг включені екскурсії туристичними об'єктами міста.
- Заклад для проживання туристів може бути обрано з урахуванням транспортної доступності від нього до автовокзалу та привабливих туристичних об'єктів.

### 4.1. Прокладання маршруту між двома точками

При здійсненні туристичних перевезень однією з перших за логічною послідовністю задач транспортної логістики постає задача прокладання найбільш оптимального шляху перевезення туристів від автобусної або залізничної станції до закладу розміщення.

З вихідних даних отримано п'ять готелів. Пропонується припустити, що якість надання послуг у них є однаковою і потрібно визначити готель, який підходить для поселення туристів найкраще, виходячи з аналізу його транспортної доступності до автобусної станції та найбільш віддалених туристичних об'єктів. Таким чином, необхідно прокласти найкоротший шлях на графі вулично-дорожньої мережі міста між вказаними об'єктами.

Для виконання завдань у цьому розділі роботи використовуються засоби геоінформаційної системи QGIS. Перед виконанням першої задачі буде

встановлено декілька модулів, призначених для прокладання оптимальних маршрутів за допомогою різних алгоритмів.

Буде виконано порівняння алгоритмів та модулів за часом вирішення задачі та довжиною прокладеного маршруту на прикладі вирішення задачі для одного обраного готелю. Модуль та алгоритм, що покажуть найкращі результати, будуть використовуватись для вирішення задачі для інших готелів.

Для дослідного розв'язання задачі обрано модуль «Online Routing Mapper». Він дозволяє прокладати найоптимальніший маршрут між двома точками за допомогою інтернет-сервісів.

Для початку роботи потрібно вибрати онлайн-сервіс, який буде здійснювати власне розрахунок маршруту. У якості вхідних даних потрібно внести початок і кінець маршруту з клавіатури або в інтерактивному режимі за допомогою натискання кнопки Choose для відповідної точки. Після заповнення форми потрібно натиснути кнопку Run для початку виконання алгоритму (рис. 4.1.2.).

Кінцевими точками маршруту, за яким будемо порівнювати часову складність виконання та оптимальність рішення задачі, обрано один із готелів та автобусну станцію (рис. 4.1.1.).

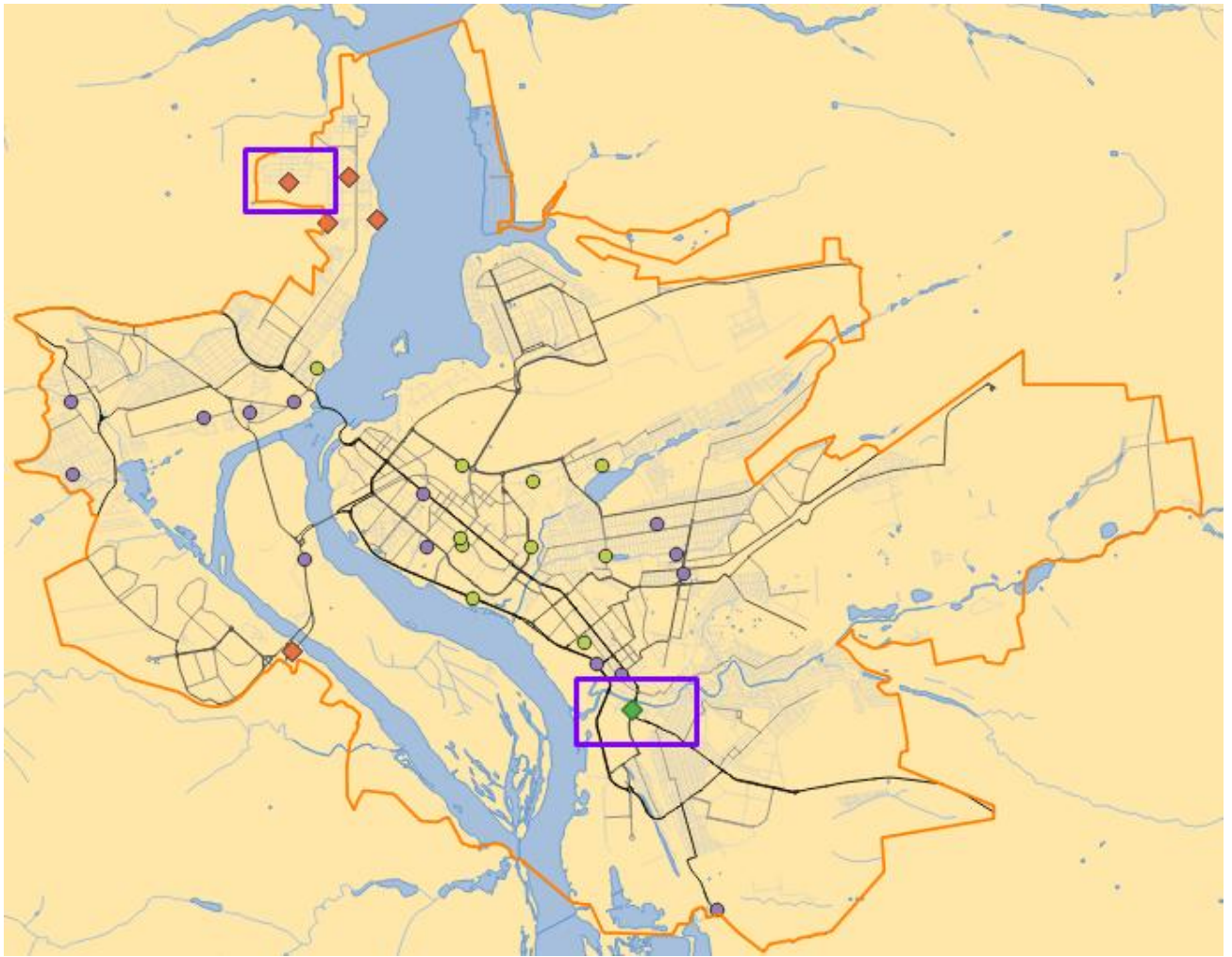


Рис. 4.1.1. Обраний готель (на північному заході) та автобусна станція (у південній частині)

У якості постачальників даних для прокладання маршрутів використовується декілька інтернет-сервісів. Для кожного з них виконаємо окремий дослід із прокладання маршруту.

#### 1. HERE Routing

Внесено необхідні дані до відповідних полів (рис. 4.1.2.), натиснуто кнопку запуску.

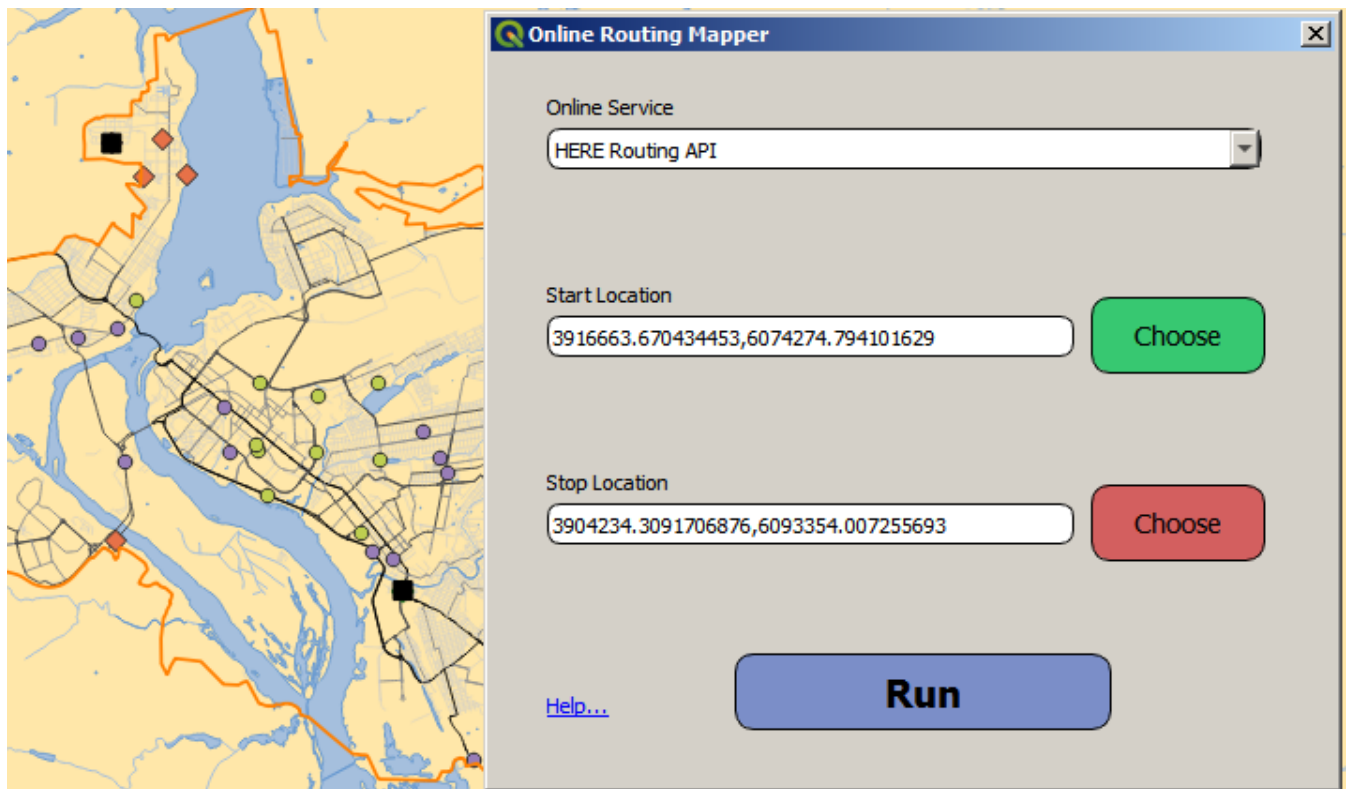


Рис. 4.1.2. Налаштування модуля та відображення кінцевих точок маршруту на карті

Алгоритм завершив свою роботу приблизно за 3 секунди. Результат отримано у виді нового тимчасового шару (рис.4.1.3.).

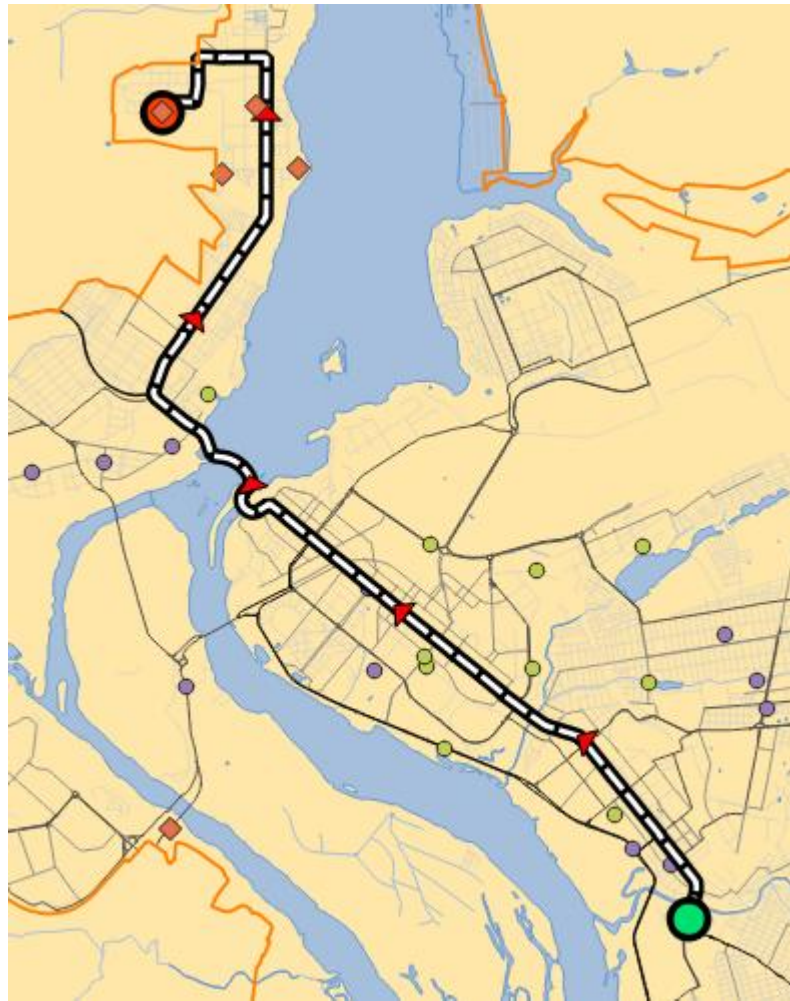


Рис. 4.1.3. Маршрут, прокладений за допомогою сервісу HERE Routing

Для шару створено новий атрибут `length`, розраховано довжину маршруту за допомогою функції `$length`. Вона становить 26183,79 метрів.

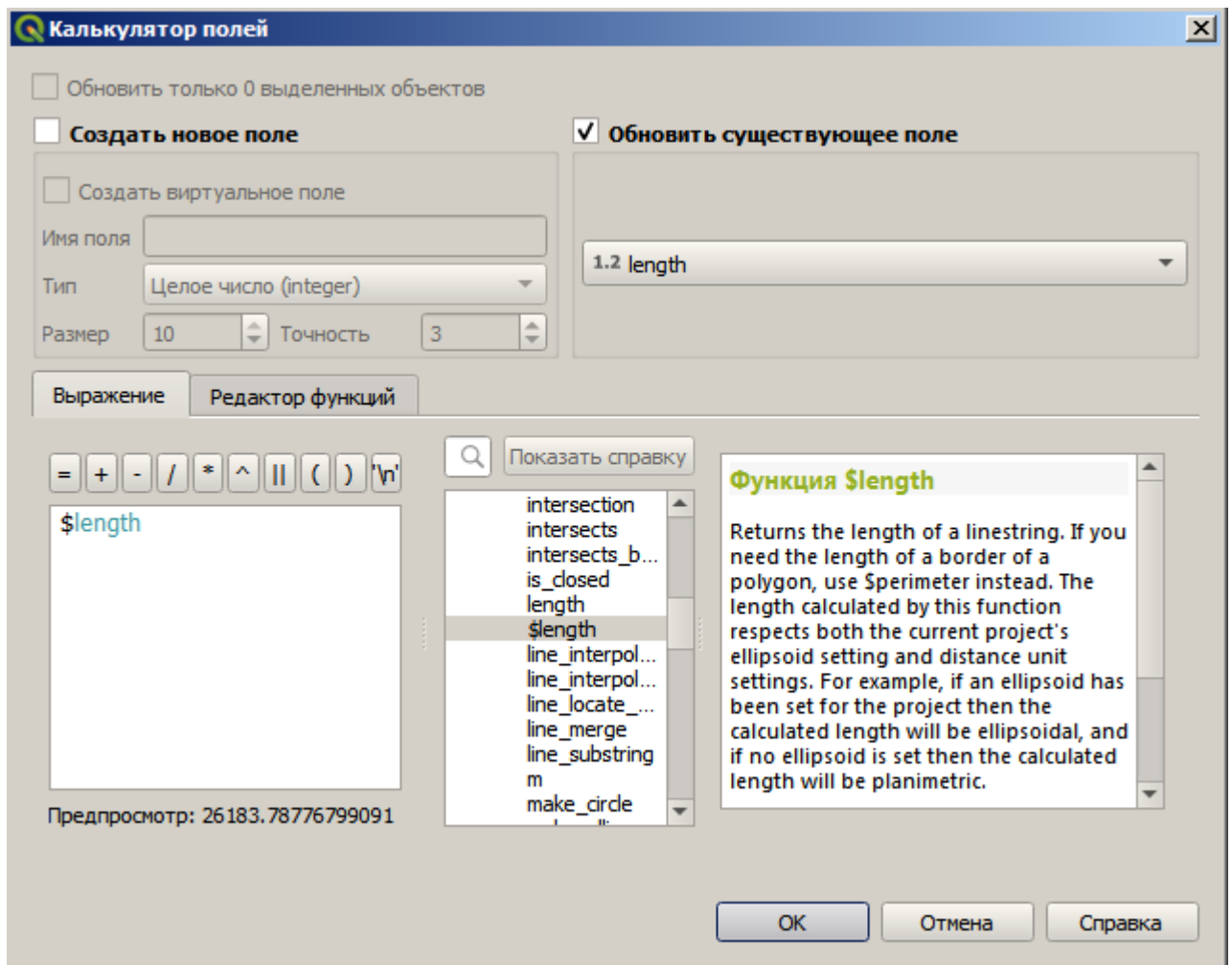


Рис. 4.1.4. Розрахунок довжини маршруту

## 2. YourNavigation, GraphHopper

У формі змінимо лише онлайн сервіс, але не будемо змінювати точки початку і кінця.

В результаті за допомогою цих провайдерів не вдалось прокласти дослідний маршрут між обраними точками.

## 3. TomTom

Алгоритм виконався приблизно за 2 секунди. Результат показано на рис. 4.1.5. Довжина маршруту склала 26896,56 метрів.



Рис. 4.1.5. Маршрут, прокладений за допомогою сервісу TomTom

#### 4. MapQuest

Час роботи алгоритму склав 2 секунди. Довжина прокладеного маршруту – 23342,68 м.

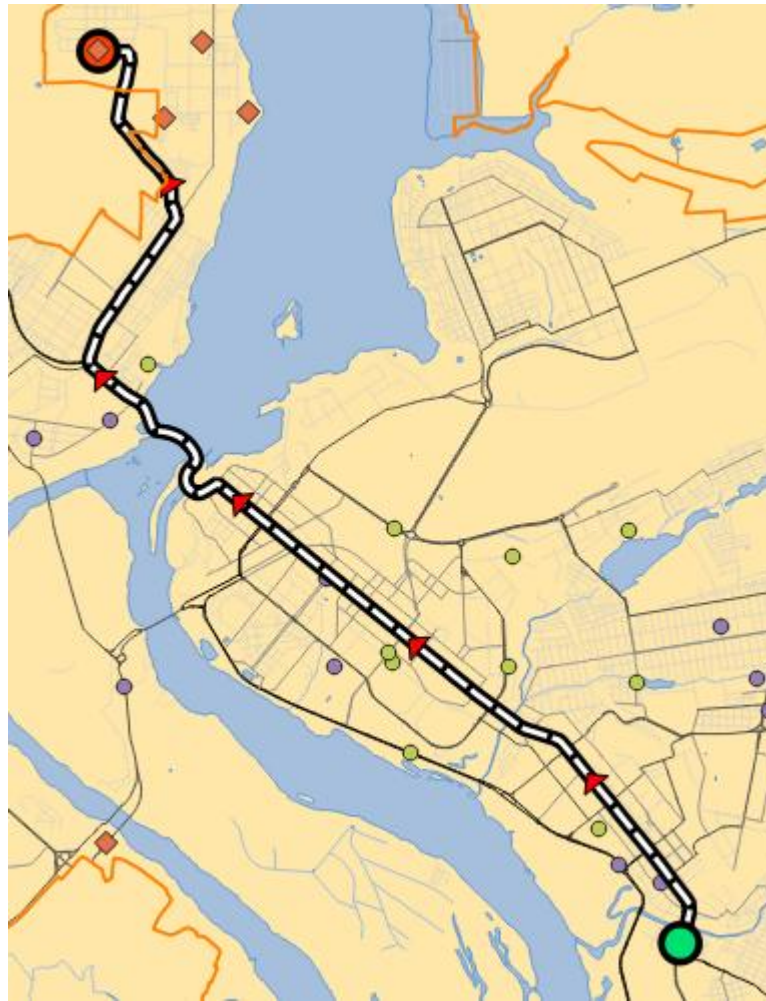


Рис. 4.1.6. Маршрут, прокладений за допомогою сервісу MapQuest

## 5. Mapbox

За допомогою цього інтернет-сервісу не вдалось прокласти маршрут між вказаними точками.

Результати дослідного рішення задачі можна звести до таблиці такого виду:

Таблиця 4.1.1

№ дослідю	Назва модуля	Назва сервісу	Час виконання, с	Довжина шляху, м
1	Online Routing Mapper	HERE Routing	3	26183,79
2		YourNavigation	-	-
3		GraphHopper	-	-
4		TomTom	2	26896,56
5		MapQuest	2	23342,68

Отже, з отриманих результатів видно, що серед досліджених інтернет-сервісів для рішення подальших задач у першу чергу потрібно користуватись послугами провайдера MapQuest. За його допомогою прокладено маршрут, коротший за інші два, при цьому час виконання алгоритму такий же, як і у інших досліджених алгоритмів. Варто зазначити, що час виконання в кілька секунд є перевагою використання даного модуля та гарним результатом для такої задачі і клієнт-серверної архітектури. Недоліком, однак, є необхідність підключення до мережі Інтернет на час виконання робіт.

Наступним етапом роботи пропонується прокласти окремі шляхи від автобусної станції до кожного з готелів та вибрати такий, щоб маршрут від автостанції до нього був найкоротшим.

Для цього знов скористаємось плагіном Online Routing Mapper та інтернет-сервісом MapQuest.

У даних міститься 5 готелів. Вирішимо послідовно 4 задачі прокладання маршруту (п'ята для готелю № 4 вже була вирішена).

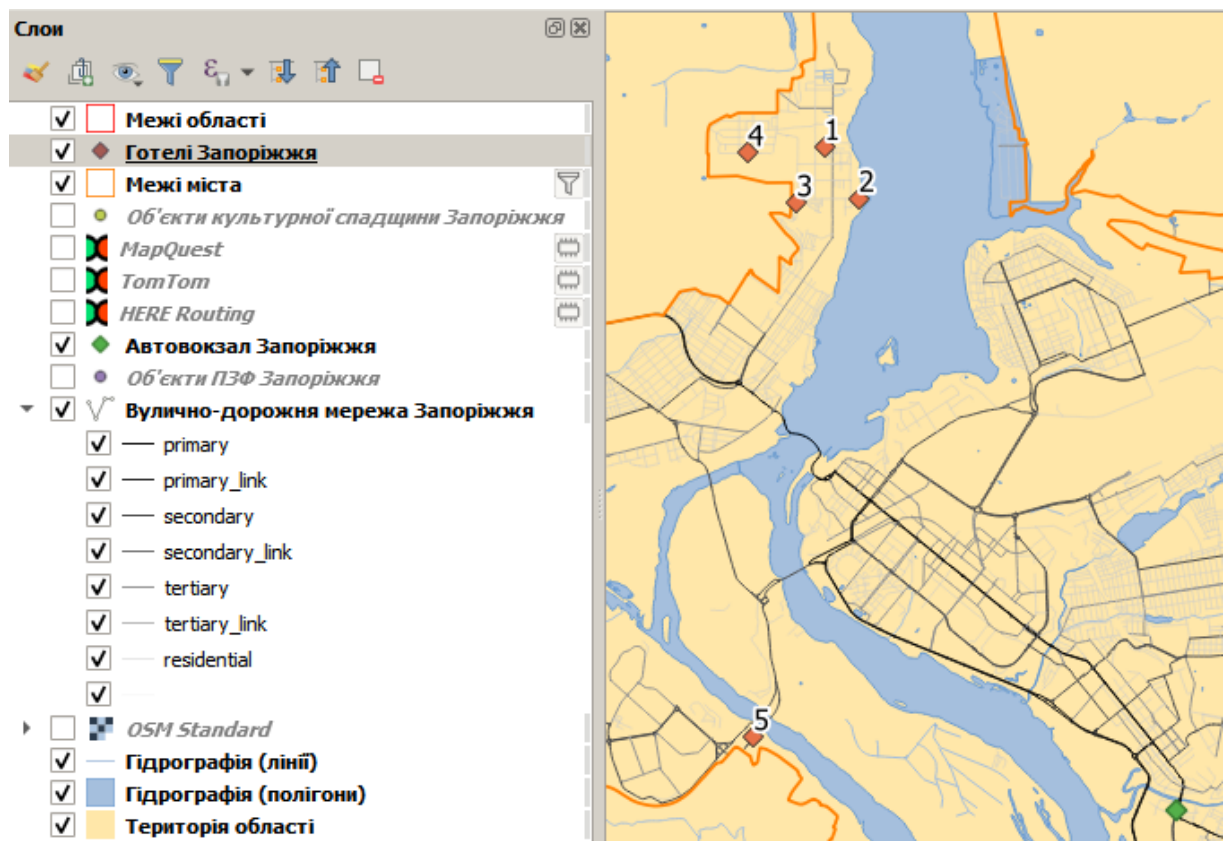


Рис. 4.1.7. Розміщення готелів та автобусної станції на карті

Створені маршрути показано на картосхемах (рис. 4.1.8. – 4.1.11.).



Рис. 4.1.8. Прокладений маршрут до готелю №1







Рис.4.1.11. Прокладений маршрут до готелю №5

Відстані між початковою і кінцевою точкою внесені в таблицю.

Таблиця 4.1.2

Id готелю	Назва модуля	Назва сервісу	Довжина шляху, м
1	Online Routing Mapper	MapQuest	22814,98
2			22262,43
3			22605,6
5			18851,79

Отже, в разі, якщо всі наявні готелі надають однаково якісні послуги, слід обирати готель №5, який знаходиться найближче за інші готелі до автобусної станції. Також з картосхем видно, що він знаходиться ближче і до центру міста, в якому сконцентрована велика кількість об'єктів привабливих для туристів.

#### 4.2. Задача комівояжера

Після поселення туристів до готелю наступною задачею є перевезення їх в кількогадинній або одноденній екскурсії містом. В цьому разі туристам потрібно відвідати певний перелік туристичних об'єктів без повторень і по найбільш оптимальному маршруту. Тобто вирішується задача комівояжера.

Із вихідних даних отримано 16 пам'яток історико-культурної спадщини та 14 об'єктів природно-заповідного фонду. Пропонується прокласти туристичний маршрут через усі ці привабливі локації.

Для рішення задачі застосовано модуль QGIS із назвою «ORS Tools». Він забезпечує прокладання маршрутів та, зокрема, вирішення задачі комівояжера за допомогою використання онлайн-сервісу OpenRouteService. Для того, щоб отримати послуги сервісу, потрібно пройти безкоштовну реєстрацію, отримати ключ API та внести його в налаштування модуля (рис. 4.2.1.)

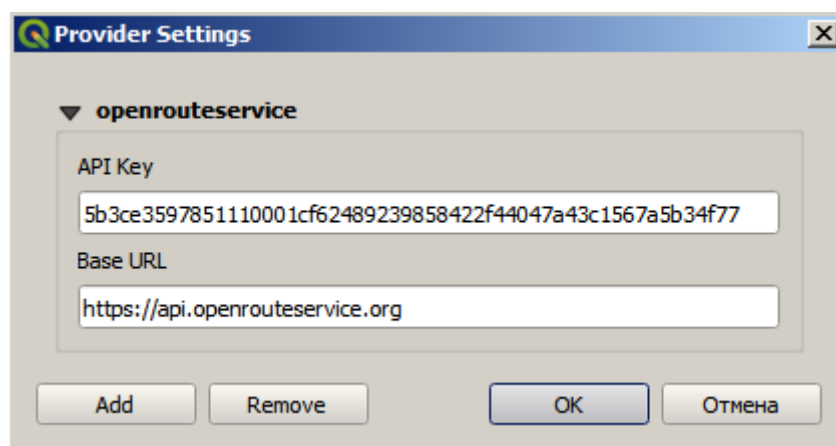


Рис. 4.2.1. Налаштування модуля ORS Tools

Для рішення задачі комівояжера у вікні модуля потрібно вибрати спосіб переміщення (пішки, автомобілем, велосипедом тощо) та критерій оптимізації маршруту (найшвидший чи найкоротший). В нашому разі обираємо переміщення автомобілем (найближче із наявних до автобусного) та найкоротший маршрут. Після цього потрібно в інтерактивному режимі відзначити на карті точки, по яких потрібно прокласти маршрут, координати точок відображаються у вікні модуля.

Для прокладення маршруту виберемо усі вищезазначені туристично привабливі локації, а початкову і кінцеву точку розмістимо в готелі №5 (рис. 4.2.3.)

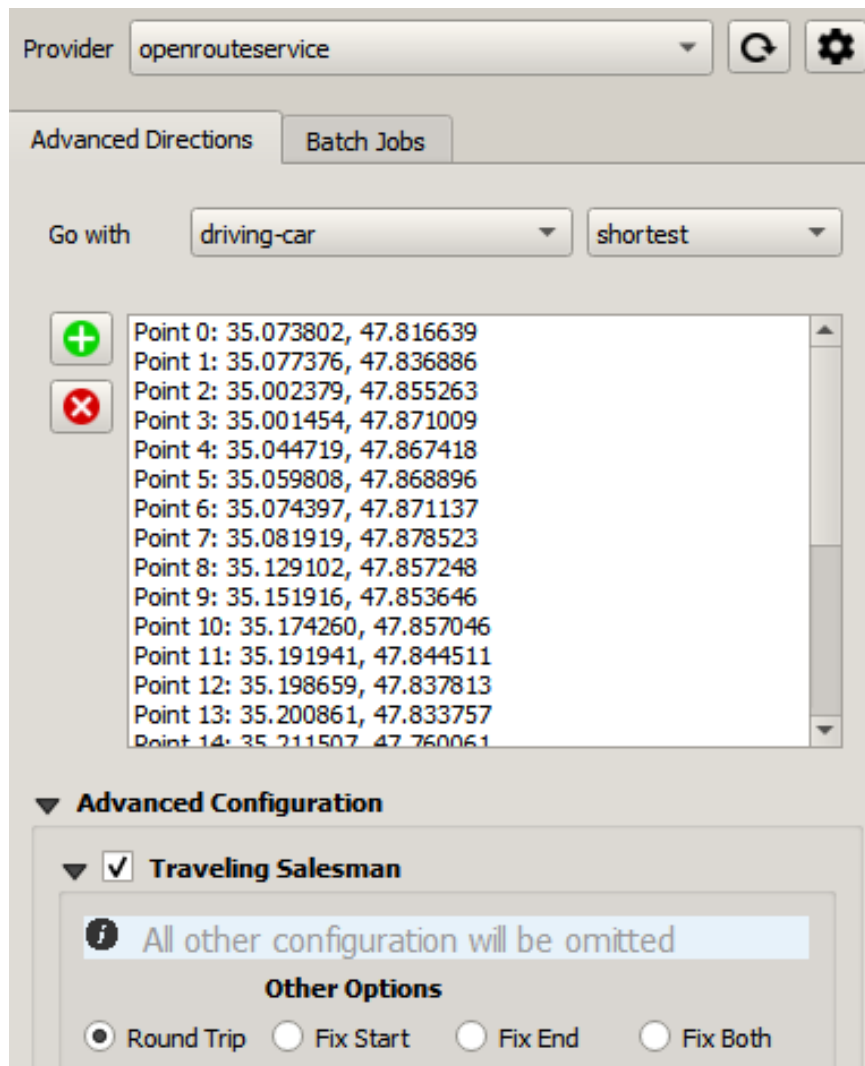


Рис. 4.2.2. Внесені точки маршруту та інші налаштування

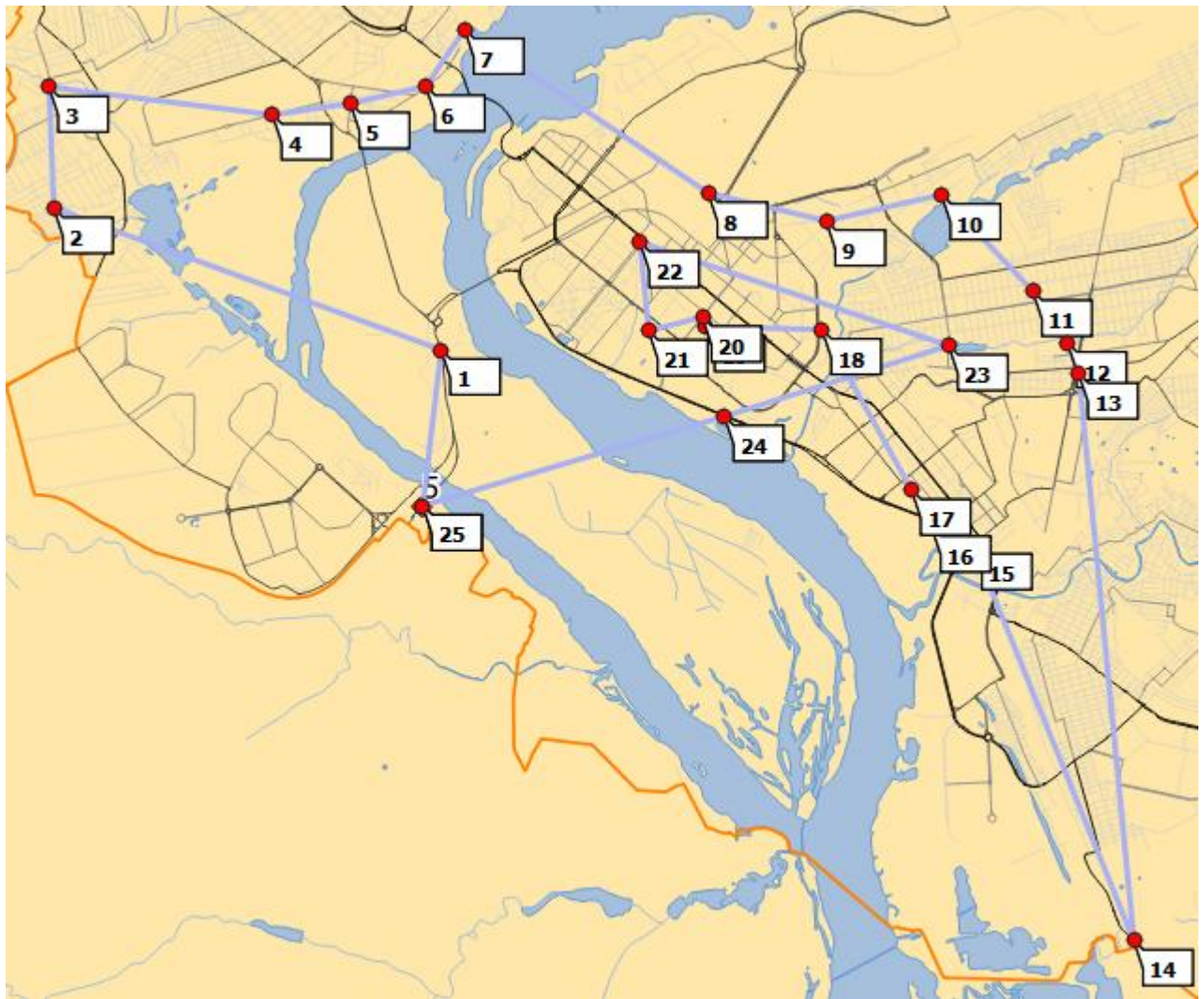


Рис. 4.2.3. Точки маршруту, зареєстровані в ручному режимі у довільному порядку

Алгоритм за кілька секунд вирішує задачу комівояжера і створює результуючий шар. З його використанням складено карту міста Запоріжжя із прокладеним туристичним маршрутом (рис. 4.2.4.).

## Туристичний маршрут на території м. Запоріжжя

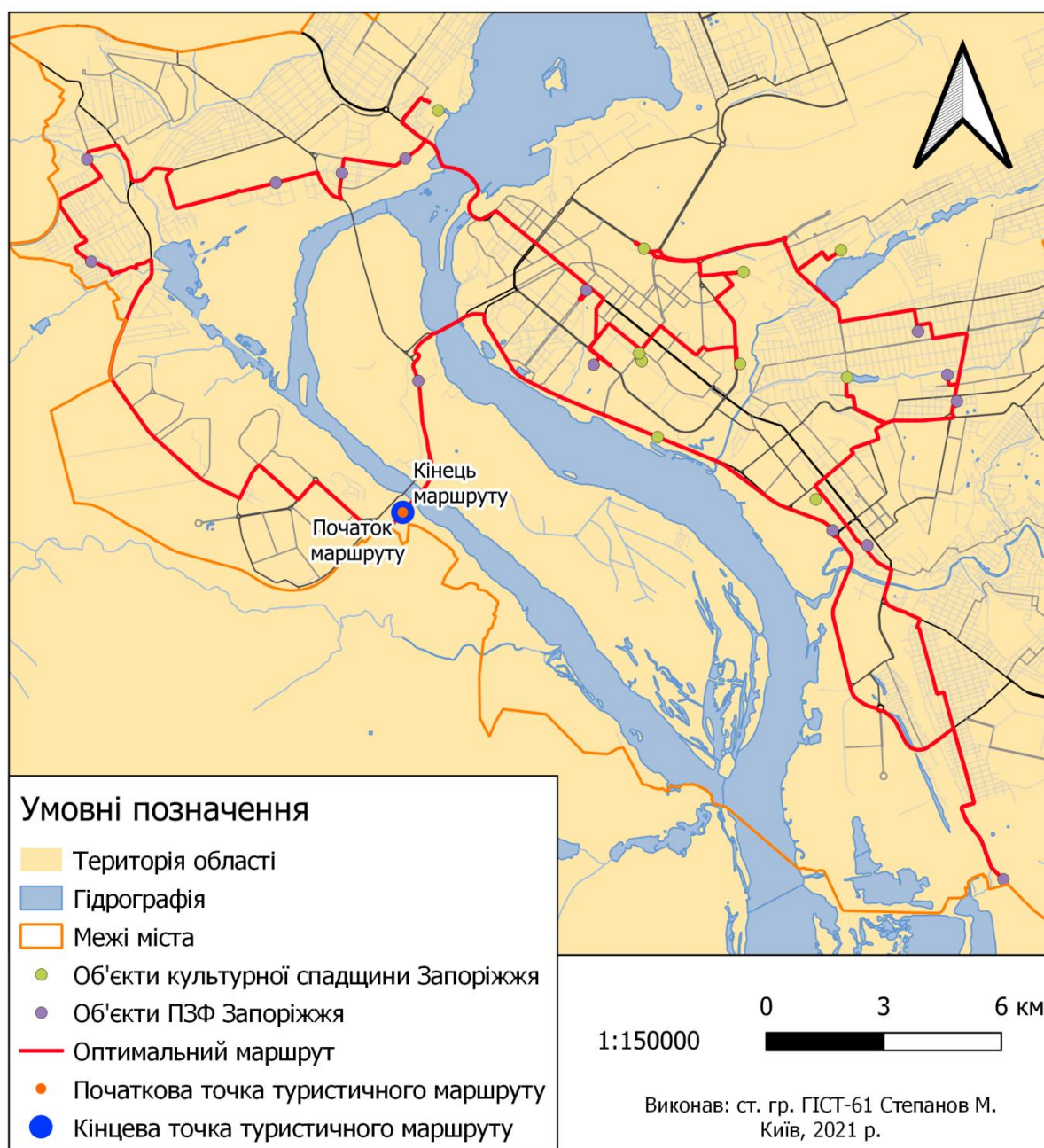


Рис. 4.2.4. Оптимальний за довжиною туристичний маршрут в м. Запоріжжя

## Висновки до розділу 4

У четвертому розділі вирішено задачу прокладання найкоротшого маршруту між двома точками та задачу комівояжера.

У першій задачі виконано прокладання найкоротшого маршруту від автобусної станції до обраного готелю. Способом рішення задачі стало використання плагіну Online Routing Mapper, в якому вибрано онлайн-сервіси, що забезпечує прокладання маршрутів. Прокладено маршрути за допомогою таких сервісів, як HERE Routing, TomTom та MapQuest. Сервіси YourNavigation та GraphHopper не вдалось використати для побудови маршруту в обраному місці. Можливими причинами є те, що сервіси включають в себе не всю вулично-дорожню мережу, а лише основні частини. Або потрібно було перед роботою з плагіном отримати ключі API, без яких неможливе отримання інформації із деяких сервісів.

У другій задачі за допомогою того ж самого плагіну та онлайн-сервісу, який зарекомендував себе найкраще (проклав найкоротший шлях – MapQuest) було прокладено маршрути від автостанції до всіх готелів, отриманих з вихідних даних. Метою цієї задачі було врахування критерію місцеположення при виборі готеля для групи туристів.

Отримані в результаті маршрути подано наочно у вигляді лінійних шарів на картосхемах.

Далі вирішено задачу комівояжера для створення маршруту екскурсії туристів. Метою цієї задачі є перевезення (в даному разі) туристів через кілька туристичних об'єктів з відвідуванням кожного з них тільки по одному разу. Для цього використано плагін ORS Tools та інтернет-сервіс OpenRouteService.

Отриманий результат оформлено наочно у вигляді карти.

## ВИСНОВКИ

Розвиток внутрішнього туризму для України в умовах сьогодення є актуальним питанням. Для туристичних підприємств ГІС-технології дають можливість підвищувати ефективність праці. Зокрема це стосується і ГІС, які виконують прокладання туристичних маршрутів для подальшого формування туристичних продуктів, комплектів туристичних послуг на їх основі.

Особливо корисною може бути методика прокладання маршрутів при рішенні задачі комівояжера.

Отриманий в цій роботі маршрут, що пролягає по декільком привабливим для туристів локаціям, причому через кожен з них тільки по одному разу, може використовуватись в діяльності туристичних підприємств та органів місцевого самоврядування міста Запоріжжя. Наприклад, перші можуть розробити на його основі туристичні продукти (наприклад, екскурсії), тим самим заохочуючи більшу кількість туристів відвідати місто, а другі – можуть виконати роботи над створенням або реставрацією туристичних пам'яток і інфраструктури, що знаходиться близько до маршруту. Виконання цих дій підвищить туристичну привабливість м. Запоріжжя.

Розроблений каталог об'єктів і атрибутів, моделі БГД транспортної логістики в туризмі можуть бути використані при створенні баз даних аналогічного призначення на виробництві. Крім цього, зазначений каталог за умови доопрацювання може бути запропонований як стандартний для вищевказаних БГД в Україні.

Використані в роботі інструменти та описані методи рішення задачі щодо прокладання найкоротшого, найшвидшого чи найдешевшого шляху можуть бути корисними у діяльності спеціалістів у галузі туризму та логістики перевезень.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Артеменко О. І. Інформаційні технології в галузі туризму. Аналіз застосувань та результатів досліджень / О. І. Артеменко, В. В. Пасічник, В. В. Єгорова // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. - 2015. - № 814. - С. 3-22. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM\\_2015\\_814\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2015_814_3).
2. Артеменко О.І. Системні особливості сучасних інформаційних технологій у галузі туризму / О.І. Артеменко, Н.Е. Кунанець, В.В. Пасічник, В.В. Савчук // Науковий вісник НЛТУ України. - 2015. - Вип. 25.9. - С. 268-277. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu\\_2015\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2015_25).
3. Базилевич Р. Розв'язування задачі комівояжера великих розмірностей методом спільних ребер / Р. Базилевич, Р. Кутельмах, А. Томчук // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. - 2014. - № 800. - С. 278-285. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT\\_2014\\_800\\_40](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2014_800_40).
4. Биржаков М. Б. Введение в туризм. – СПб.: Издательский торговый дом «Герда», 2000. – 311 с.
5. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд.: Пер. з англ. Мухин Н. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 496 с.: іл. [Електронний ресурс]. Режим доступу – [http://www.dut.edu.ua/uploads/1\\_1508\\_23942623.pdf](http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1508_23942623.pdf)
6. Готинян В. С. Туристичні геоінформаційні веб-сайти / В. С. Готинян, О. В. Томченко, А. В. Семененко // Географія та туризм. - 2010. - Вип. 8. - С. 137-140. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/gt\\_2010\\_8\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/gt_2010_8_32).
7. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. з англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. — 1328 с.: іл.
8. Квартальнов В. А. Туризм. Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2002. –320 с.

9. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е издание.: Пер. з англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. — 1440 с.: іл.
10. Кузик С.П. Географія туризму // Навчальний посібник - К.: Знання, 2011. - 271 с.
11. Курейчик В. В. Роевой алгоритм в задачах оптимизации / В. В. Курейчик, Д. Ю. Запорожец. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – №7. – С. 28–32.
12. Левитин А.В. Глава 3. Метод грубой силы: Задача коммивояжера / А.В. Левитин // Алгоритмы: введение в разработку и анализ. М., 2006 – С. 159-160.
13. Леоненков А. В. Самоучитель UML 2 / А.В. Леоненков. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 568 с.: ил. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.litmir.me/br/?b=133827&p=31>
14. Міхєєв І. А., Носкова В. В., Чудаколов А. Ю. Геоінформаційне моделювання регіональної сфери туризму // Системи обробки інформації. – 2015. – С. 74-77.
15. Морозов М. А., Рубин Ю. Б., Бубнова Г. В., Львова Т. В. Моделирование туристских кластеров дестинации // Прикладная информатика. – 2012. – № 6. С. 72– 80.
16. Налаштування GIS-сервісів // GIS Management Group [Електронний ресурс] Режим доступу – <http://www.gismg.com/nalashtuvannja-gis-servisiv/>
17. Павленко Л. А. Геоінформаційні системи: навчальний посібник / Л. А. Павленко. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2013. – 260 с.
18. Практичне використання методу генетичних алгоритмів для розв'язання задачі комівояжера в геоінформаційних системах [Текст]/ Юнда А. М., Жигулін І. В., Петров С. О., Руденко Р. О. // Вісник Сумського національного аграрного університету. — 2015. — №11(27). — С. 112-117.

19. Оптимізація розв'язків задачі комівояжера методом послідовного сканування // Р. Базилевич, Р. Кутельмах Національний університет "Львівська політехніка", кафедра програмного забезпечення, 2009

20. Руководство по PostGIS // GIS-Lab [Електронний ресурс] Режим доступу –<https://gis-lab.info/docs/postgis/manual/index.html>

21. СОУ 71.12-37-949:2014 «База топографічних даних. Каталог об'єктів і атрибутів». – К.: Мінагрополітики, 2014. – 234 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/6e82cda0-0a8e-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>

22. Тонкошкур М. В. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Організація туризму» (Основи туризмознавства) (для студентів 1-2 курсу денної та заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.140103 – Туризм) / М. В. Тонкошкур, В. В. Абрамов, Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 134 с.

23. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. Издание 2. / С. Хайкин: пер. с англ. – М., 2006. – 1104 с.

24. Хорунжак О. В. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании». – 2011. – Выпуск 4. Том 25. – С.82-85

25. Черін А. Г. Стандартизація геоінформаційних сервісів / А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. - 2009. - № 4. - С. 34-39. [Електронний ресурс] Режим доступу – [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk\\_2009\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2009_4_7)

26. Черняга П. Г., Лагоднюк О., Романюк О. Принципи формування інфраструктури просторових даних для забезпечення сталого розвитку туризму // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2010. – Вип. 73. С. 115-121. [Електронний ресурс] Режим доступу – <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/10232/1/21.pdf>

27. Шевченко Р. Ю. Картографічні технології в туризмі: навчально-методичний посібник: для студентів денної форми навчання спец. 6.030205

"Країнознавство", 6.140103 "Туризм" та 5.14010301 "Туристичне обслуговування"  
/ Роман Юрійович Шевченко, Київ. міжнар. ун-т, Ін-т міжнар. відносин. – К.:  
КиМУ, 2014. – 78 с.

28. ALTER TABLE // Postgress Professional [Електронний ресурс] Режим  
доступу – <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/sql-altertable>

29. Bullnheimer, B., Hartl, R. F., and Strauss, C.: Applying the Ant System to  
the Vehicle Routing Problem, Meta-Heuristics: Advances and Trends in Local Search  
Paradigms for Optimization, Voss, S., et al (Eds.), Kluwer (1999)

30. Chris Walsaw, A multilevel lin-kernigan-helsgaun algorithm for the  
traveling salesman problem

31. Christian Nilsson, Heuristics for the Traveling Salesman Problem,  
Linkoping Univercity, 7. Keld Helsgaun , General k-opt submoves for the Lin-  
Kernighan TSP veling heuristic Keld Helsgaun, 1 July 2009

32. D.Applegate, W.Cook, A.Rohe, Chained Lin-Kernigan for large traveling  
salesman problems, Algorithms and Optimization Departament, AT&T Labs-Research

33. D.S. Johnson and L.A. McGeoch, “The Traveling Salesman Problem: A  
Case Study in Local Optimization”, November 20, 1995.

34. Dorigo M. & L.M. Gambardella (1997). Ant Colony System: A  
Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. IEEE TEC,  
1(1):53-66 (1997).

35. Dorigo, M., Stutzle, T., Ant Colony Optimization. MIT Press, Cambridge,  
MA, 2004.

36. E. Nood and J. Been, An Efficient Transformation of the Generalized  
Travaling Salesman Problem, October 1991

37. EPSG:32636 // Epsg.io [Електронний ресурс] Режим доступу –  
<https://epsg.io/32636>

38. EPSG:4326 // Epsg.io [Електронний ресурс] Режим доступу –  
<https://epsg.io/4326>

39. Hopfield J.J and Tank D.W. Neural computation of decisions in optimization problems.
40. How to Perform Spatial Analysis [Электронный ресурс] // ArcGIS blog. Режим доступа – <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/analytics/how-to-perform-spatial-analysis/>
41. INSERT // Postgress Professional [Электронный ресурс] Режим доступа – <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/sql-insert>
42. Karimi Sabah What is Culinary Tourism? // USA today [Электронный ресурс] Режим доступа – <https://traveltips.usatoday.com/culinary-tourism-1910.html>
43. OGC Standards // Open Geospatial Consortium [Электронный ресурс] Режим доступа – <https://www.ogc.org/docs/is>
44. QGIS as OGC Data Server // QGIS Documentation [Электронный ресурс] Режим доступа – [https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user\\_manual/working\\_with\\_ogc/server/index.html#label-qgisserver](https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user_manual/working_with_ogc/server/index.html#label-qgisserver)
45. R. Bosch and A. Herman, “Continuous line drawings via the traveling salesman problem,” Operations Research Letters 3 (2004) 302-303,
46. R. Matai, S.P. Singh, M.L. Mittal, “Traveling Salesman Problem: An Overview of Applications, Formulations, and Solution Approaches ”, Jaipur, India, 2010, 2.
47. ST\_Buffer // ArcMap [Электронный ресурс] Режим доступа – <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/>
48. ST\_Buffer // Postgis [Электронный ресурс] Режим доступа – [https://postgis.net/docs/ST\\_Buffer.html](https://postgis.net/docs/ST_Buffer.html)
49. ST\_Intersects // Postgis [Электронный ресурс] Режим доступа – [http://postgis.net/docs/ST\\_Intersects.html](http://postgis.net/docs/ST_Intersects.html)
50. ST\_Transform // Postgis [Электронный ресурс] Режим доступа – [https://postgis.net/docs/ST\\_Transform.html](https://postgis.net/docs/ST_Transform.html)

51. UPDATE // Postgress Professional [Электронный ресурс] Режим доступа – <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/sql-update>
52. Verhoeven, M.G.A. & Aarts, E.H.L. A parallel Lin-Kernighan algorithm for the traveling salesman problem, 1994.

## ДОДАТКИ

					<b>МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Степанов М.			<i>Геоінформаційна технологія моделювання транспортної логістики в туризмі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
						21	131	
		Лепетюк В.Б.				КНУБА, група ГІСТ-61		
		Карпінський Ю.О.						

## Додаток А. Графічні матеріали