

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка

Природничо-математичний факультет
Кафедра екології, географії та природокористування

Кваліфікаційна робота
освітнього ступеня “бакалавр”

на тему:

**ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА КАРТОГРАФІЧНИХ ВЕБ-
ДОДАТКІВ ТА ГЕОПОРТАЛІВ В ТУРИСТИКО-РЕКРЕАЦІЙНІЙ
СФЕРІ (НА ПРИКЛАДІ МІСТА КИЄВА)**

Спеціальність 103 Науки про Землю

Виконав:

студент IV курсу, групи 46
спеціальності 103 Науки про Землю
Троценко Сергій Якович

Науковий керівник:

кандидат педагогічних наук, доцент
Слюта Аліна Миколаївна

Чернігів – 2025

Роботу подано до розгляду «____» _____ 2025 року.

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота розглянута на засіданні кафедри екології,
географії та природокористування

протокол № _____ від “____” _____ 2025 року.

Студент допускається до захисту кваліфікаційної роботи в
екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ КАРТОГРАФІЧНИХ ВЕБ-ДОДАТКІВ ТА ГЕОПОРТАЛІВ.....	9
1.1. Сучасні тенденції розвитку картографії в цифровій епосі.....	9
1.2. Основи веб-картографії: поняття, технології, інструменти.....	12
1.3. Особливості створення картографічних продуктів для туристико-рекреаційної сфери.....	16
1.4. Аналіз успішних прикладів картографічних веб-додатків та геопорталів.	20
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОЄКТУВАННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ ВЕБ-ДОДАТКІВ ТА ГЕОПОРТАЛІВ	25
2.1. Вимоги до функціоналу та дизайну в туристико-рекреаційній сфері.....	25
2.2. Вибір технологій для розробки: GIS-платформи, мови програмування та бази даних.....	29
2.3. Етапи проєктування: аналіз потреб, технічне завдання, концептуальна модель.....	35
2.4. Методи інтеграції картографічних даних із туристичною інформацією.....	40
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИКЛАДНОГО КАРТОГРАФІЧНОГО ВЕБ-ДОДАТКА (НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА).....	44
3.1. Опис об'єкта дослідження.....	44
3.2. Збір, обробка та візуалізація картографічних даних.....	48
3.3. Розробка функціоналу веб-додатка (пошук, фільтри, маршрути).....	53
3.4. Оцінка зручності користування та продуктивності веб-додатка.....	58
РОЗДІЛ 4. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГЕОПОРТАЛІВ У ТУРИСТИКО-РЕКРЕАЦІЙНІЙ СФЕРІ.....	63

4.1. Можливості використання створеного продукту для розвитку туризму.....	63
4.2. Рекомендації щодо подальшого вдосконалення геопорталів	66
4.3. Потенціал інтеграції геопорталів із мобільними додатками.....	70
4.4. Практичні рекомендації щодо перспектив розвитку картографічних веб-додатків.....	73
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ.....	82

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГІС – геоінформаційна система

ВК – веб-картографія

ВГІС – веб-геоінформаційна система

UI – інтерфейс користувача (User Interface)

UX – користувацький досвід (User Experience)

API – програмний інтерфейс застосунків (Application Programming Interface)

HTML – мова гіпертекстової розмітки (HyperText Markup Language)

CSS – каскадні таблиці стилів (Cascading Style Sheets)

JS – JavaScript

AR – доповнена реальність (Augmented Reality)

VR – віртуальна реальність (Virtual Reality)

DBMS – система управління базами даних (Database Management System)

OSM – OpenStreetMap

URL – уніфікований покажчик ресурсу (Uniform Resource Locator)

ВСТУП

Сучасна туристична галузь все більше спирається на цифрові технології, зокрема геоінформаційні системи (ГІС) та веб-картографію. Туристам потрібна оперативна і наочна інформація про пам'ятки, маршрути й сервіси, а інтерактивні карти здатні задовольнити ці потреби краще, ніж традиційні друковані карти. Розробка картографічних веб-додатків та геопорталів у туристично-рекреаційній сфері є актуальним напрямом, адже інтерактивні карти надають користувачам можливість отримувати доповнену інформацію про об'єкти та взаємодіяти з картою (масштабування, пошук, побудова маршрутів тощо) в режимі реального часу [7; 11].

Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю впровадження інноваційних підходів до візуалізації географічної інформації в туризмі та потребою створення зручних інструментів для користувачів – як туристів, так і операторів туристичних послуг. Крім того, у контексті децентралізації та цифровізації управління територіями, інтерактивні геопортали можуть виступати ефективним засобом прийняття рішень на місцевому рівні [1; 13].

У цифрову епоху туристичні дестинації, такі як місто Київ, потребують сучасних інструментів презентації своїх туристичних ресурсів. Геоінформаційні технології та веб-карти дозволяють підвищити туристичну привабливість території, пропонуючи інноваційні способи представлення інформації. Зокрема, дослідження підтверджують необхідність впровадження інноваційних підходів з використанням ГІС для розвитку національних туристичних продуктів. Інтерактивні карти і геопортали сьогодні розглядаються як ефективні інструменти вирішення завдань у туристичній сфері, оскільки вони забезпечують інтеграцію картографічної інформації з туристичними даними та сприяють формуванню національної інфраструктури геопросторових даних [8].

Об'єкт дослідження – процеси картографічного представлення просторових даних у веб-середовищі.

Предмет дослідження – методика розробки й реалізації картографічних веб-додатків та геопорталів для туристично-рекреаційної сфери.

Метою роботи є розробка прикладного картографічного веб-додатка для туристично-рекреаційної сфери на прикладі м. Києва, який би забезпечував інтерактивний доступ до географічної інформації, зручну навігацію та пошук об'єктів туристичної інфраструктури.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

- проаналізувати сучасні тенденції розвитку веб-картографії та геопорталів;
- визначити вимоги до функціоналу та дизайну картографічного веб-додатка для туристичних цілей;
- обґрунтувати вибір технологій, платформ та інструментів для реалізації проєкту;
- розробити прототип веб-додатка на прикладі м. Києва;
- оцінити зручність користування та функціональність розробленого продукту;
- надати рекомендації щодо його вдосконалення та перспектив подальшого розвитку.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел, картографічне моделювання, інструменти веб-програмування, ГІС-технології, UX/UI-дизайн, експертне оцінювання функціоналу.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному узагальненні сучасних підходів до створення туристичних веб-карт і геопорталів, з акцентом на інтеграції картографічних даних з туристичним контентом та врахуванні принципів UX/UI дизайну. У роботі систематизовано інструменти та технології (Leaflet, OpenLayers, PostGIS, тощо), які раніше розглядались переважно окремо, та запропоновано методику їх поєднання для розробки цілісного веб-ГІС продукту. Розроблено концепцію туристичного геопорталу

для міста Києва, яка може стати основою для реального впровадження. Окремим результатом є рекомендації щодо подальшого розвитку туристичних веб-картографічних сервісів в Україні з огляду на міжнародний досвід та сучасні технологічні тенденції [10; 13].

Практичне значення роботи полягає в розробці дієвого веб-інструменту, який може бути використаний муніципальними установами, туристичними агентствами та туристами для планування маршрутів і ознайомлення з об'єктами Києва. Геопортал, розроблений за наведеними принципами, сприятиме детальному ознайомленню з туристичними об'єктами, допомагатиме приймати управлінські рішення у сфері туризму та популяризуватиме туристичні можливості регіону. Таким чином, результати роботи мають практичну цінність для органів управління туризмом, туристичних інформаційних центрів, екскурсководів та самих мандрівників [2].

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження представлені на Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю студентів, аспірантів і молодих учених (20 листопада 2024 р., м. Чернігів).

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ КАРТОГРАФІЧНИХ ВЕБ-ДОДАТКІВ ТА ГЕОПОРТАЛІВ

1.1. Сучасні тенденції розвитку картографії в цифрову епоху

Перехід від аналогової до цифрової картографії визначив обличчя сучасної картографічної науки і практики. У ХХІ столітті карти перестали бути статичними паперовими зображеннями – натомість вони еволюціонували у динамічні цифрові моделі світу, доступні через інтернет на комп'ютерах і смартфонах. Сьогоднішні карти інтерактивні, насичені даними та високоточні. Вони не лише показують шлях, а й розповідають історії про навколишній світ, поєднуючи різні шари інформації (географія, демографія, екологія тощо) [12].

Цифрова революція перетворила карту на багатофункціональний інструмент: тепер за кілька кліків можна перемикатися від топографії до супутникового огляду, накладати статистичні дані поверх місцевості і аналізувати явища у просторі.

Однією з ключових тенденцій є демократизація картографії через розвиток відкритих інструментів та залучення спільнот. Поширення відкритих проєктів на кшталт OpenStreetMap (глобальна відкрито редагована карта світу) та доступних ГІС-програм (QGIS тощо) дозволило фактично кожному долучитися до процесу картування. Відкриті веб-картографічні ресурси та open-source платформи стали широко використовуватися не лише ентузіастами, а й міжнародними та урядовими організаціями. Наприклад, даними OpenStreetMap офіційно користуються ООН, сайт Президента США, компанія Microsoft (Bing Maps), Оксфордський університет, газета *Liberation*, Вікіпедія, Wikimapia, рятувальні служби США тощо. Така кооперативна картографія (неогеографія) збагачує карти локальними знаннями і деталями, роблячи їх більш корисними для спільноти (Рис. 1.1). В результаті відкриті інструменти на кшталт OSM та QGIS перетворили процес створення карт на

колективне заняття, де кожен може додати свою “цеглинку” до мапи світу [17].

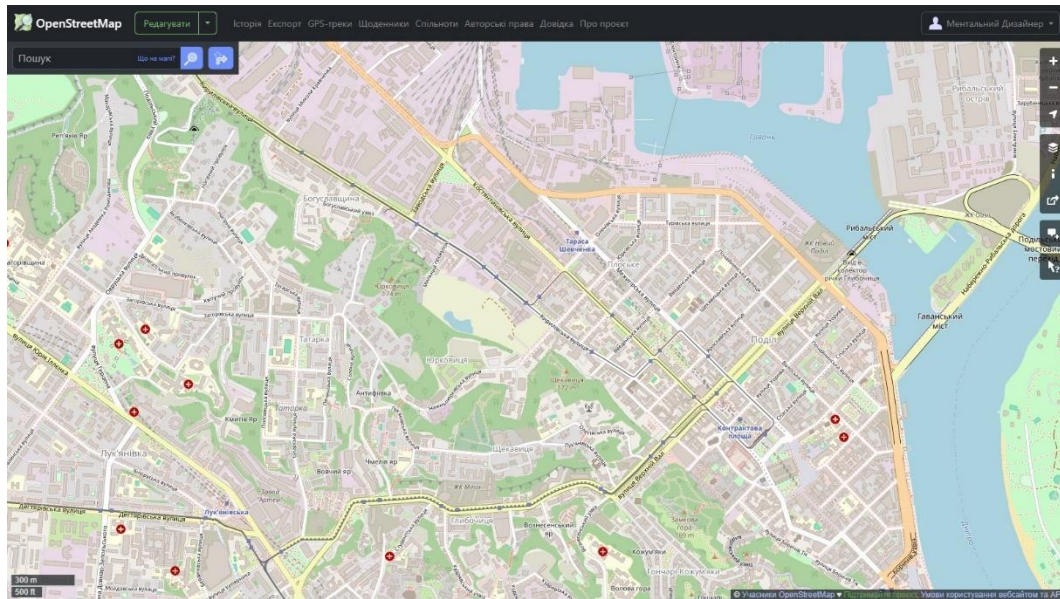


Рис. 1.1. “OpenStreetMap” – приклад популярного картографічного сервісу у відкритому доступі

Наступна тенденція – стрімкий розвиток Web-GIS технологій та інтеграція картографії з інтернетом. Картографічні сервіси перемістилися у хмару: користувачі звикли отримувати карти онлайн через браузер чи мобільні додатки. З’явилося поняття веб-картографії (Web Mapping), що охоплює створення і використання картографічних продуктів у веб-середовищі. Це явище є одним з індикаторів глобалізації та “стиснення” відстаней у сучасному світі. Web-карти забезпечують доступ до геоданих з будь-якої точки світу і в будь-який час, що особливо цінно для галузей, де потрібне оперативне прийняття рішень на основі просторової інформації. Міжнародна картографічна асоціація (ICA) у відповідь на ці тенденції навіть переглядає свою місію, наголошуючи на максимально ефективному використанні геопросторової інформації для потреб суспільства [17; 18].

Сучасні карти дедалі частіше під’єднані до потоків даних в реальному часі – від інформації про затори на дорогах до погодних умов чи ситуації з трафіком. Такі *живі карти* відображають поточний стан світу, даючи змогу

приймати рішення на основі актуальної ситуації. Наприклад, транспортні карти показують рух громадського транспорту в режимі online, навігаційні додатки (Google Maps, Waze) передають користувачам попередження про ДТП чи перекриття доріг тут і зараз. Інтеграція соціальних медіа з картами дозволяє відображати *повідомлення від людей* – користувачі самі можуть позначати події, залишати відгуки, що одразу стає видимим іншим. Таким чином, карти перетворюються на платформи колективного збору інформації у реальному часі.

Варто відзначити і розвиток тривимірної (3D) картографії та візуалізації. Сучасні технології (WebGL, 3D-движки) дозволяють створювати об'ємні моделі місцевості прямо у веб-браузері. 3D-карти додають глибину у представлення простору, що важливо для туристів при ознайомленні з міськими ландшафтами чи пам'ятками (наприклад, 3D-моделі історичних будівель) [14; 18].

Окремим пунктом слід виділити тенденцію впровадження штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання у геоінформаційні технології. AI уже використовують для автоматичного аналізу супутникових знімків, виявлення об'єктів на них, генерування карт з величезних масивів даних зі швидкістю, неможливою раніше. Наприклад, неймережі здатні автоматично оновлювати карту, розпізнаючи нові дороги чи будівлі на аерофото. Машинне навчання допомагає також у аналізі просторових патернів (наприклад, прогноз відвідуваності туристичних місць на основі даних мобільного зв'язку).

Хоч ШІ в картографії лише набирає обертів, перспективи його використання великі – від розумної навігації (що підказує найкращі маршрути в залежності від поведінки користувача) до автоматизованого створення тематичних карт (рис. 1.2).

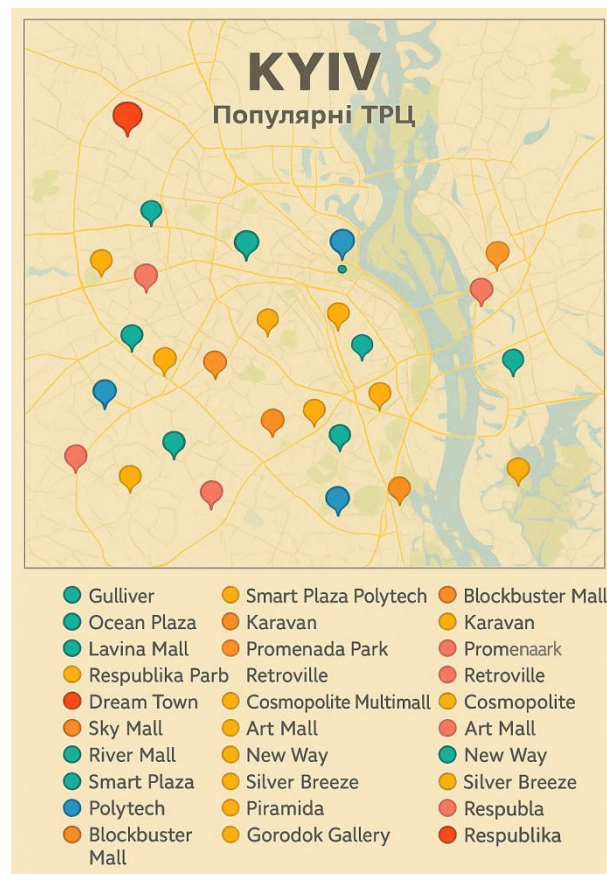


Рис. 1.2. Створення тематичної карти по розташуванню популярних ТРЦ за допомогою III

Отже, цифрова епоха принесла в картографію динамізм, інтерактивність та відкритість. Карти стали інструментом аналізу даних і платформою для співпраці, поєднуючи досягнення ІТ (веб-технології, AI) з класичними принципами картографії. Для туристично-рекреаційної сфери ці тенденції означають кардинально нові можливості представлення інформації: інтерактивні туристичні карти, доступні онлайн, здатні значно підсилити враження мандрівників і оптимізувати управління туристичними ресурсами регіонів.

1.2. Основи веб-картографії: поняття, технології, інструменти

Веб-картографія – це напрям картографії, що займається створенням і використанням карт у середовищі Інтернет. Веб-карта є електронною картою, доступною через веб-браузер або веб-додаток, яка дозволяє користувачу

взаємодіяти з картографічним зображенням (масштабувати, переміщати, запитувати дані про об'єкти тощо). На відміну від традиційних паперових карт, веб-карта динамічна та інтерактивна: користувач сам визначає видимий масштаб, обирає шари даних, може здійснювати пошук об'єктів за назвою чи атрибутами і одержувати додаткову інформацію у спливаючих вікнах [11].

Основу веб-картографії становлять клієнт-серверні технології. Як правило, архітектура веб-картографічної системи передбачає: клієнтську частину (інтерфейс у браузері або мобільному додатку) та серверну частину (сервер картографічних даних і сервісів). Клієнт через інтернет надсилає запити (наприклад, запит на отримання фрагмента карти чи результатів пошуку), сервер їх опрацьовує і надсилає відповіді (картографічні зображення, дані, описи). Відповідно, ключовими компонентами є: веб-сервер (що обслуговує запити користувачів), ГІС-сервер або картографічний сервер (спеціалізований сервер для зберігання і видачі просторових даних, наприклад GeoServer або ArcGIS Server), та база даних (де зберігаються геопросторові дані – просторові та атрибутивні).

Важливим поняттям веб-картографії є тайлові карти, що стали де-факто стандартом для інтерактивних карт. Тайли – це невеликі квадратні зображення (наприклад, 256x256 пікселів), на які розбивається карта для різних масштабів. Коли користувач переглядає карту, клієнт довантажує тільки потрібні тайли для поточного району і масштабу. Така технологія була вперше популяризована компанією Google Maps і дозволила зробити швидке масштабування та панорамування карти без перезавантаження всієї сторінки. Відкриті стандартні протоколи, як-от WMS (Web Map Service) та TMS (Tile Map Service), визначають правила запиту картографічних зображень з сервера. Сучасні системи також використовують векторні тайли (наприклад, стандарт Mapbox Vector Tile), коли на клієнт передаються не зображення, а векторні дані у квадратних секціях, що рендеряться уже на боці браузера (з використанням WebGL). Це дає змогу плавно змінювати стиль карти,

забезпечує високий масштаб без втрати якості і зменшує обсяг переданої інформації [13; 18].

Для побудови веб-картографічних додатків існує широке різноманіття інструментів та технологій:

1. Картографічні JavaScript-бібліотеки. Вони працюють на боці клієнта (в браузері) і відповідають за відображення карти та взаємодію з користувачем. Найпопулярнішими відкритими бібліотеками є Leaflet та OpenLayers. Останніми роками ці інструменти стали надзвичайно поширеними завдяки простоті використання та доступності для широкого кола розробників. Leaflet – легка бібліотека, оптимізована для відображення тайлових карт та накладання маркерів, полігонів, підтримує різні плагіни (для побудови маршрутів, кластеризації точок тощо). OpenLayers – потужніша бібліотека, що надає більше низькорівневого контролю над картою і підтримує багато форматів даних. Обидві бібліотеки є прикладами того, як сучасні веб-технології (HTML5, CSS3, JavaScript) застосовуються у картографії. Вони побудовані за принципом об'єктно-орієнтованого програмування в JavaScript і дозволяють розробникам зосередитися на функціоналі карти, не переймаючись низькорівневими операціями відмалювання (це бере на себе браузерний графічний рушій) [13].

2. Комерційні API та платформи. Окрім відкритих бібліотек, є багато комерційних рішень. Наприклад, Google Maps API – один з найвідоміших інструментів, що дозволяє вбудовувати карти Google на власний сайт та користуватися сервісами Google (геокодування, маршрути, Street View тощо). Mapbox GL JS – сучасна бібліотека для відображення векторних тайлів з високою продуктивністю (WebGL). Інші хмарні платформи, як-от ArcGIS Online, Carto, GIS Cloud, надають готове серверне рішення і клієнтські інструменти для створення веб-карт (їх детальніше розглянемо у розділі 2.2). Прикладом, ArcGIS Online від Esri – це хмарна ГІС-платформа з великою кількістю можливостей, що легко інтегрується для корпоративних користувачів [6; 18].

3. Серверні ГІС-технології. Якщо JavaScript-бібліотеки відповідають за фронтенд (клієнтський рівень), то на бекенді часто використовуються серверні ГІС-програми. Open-source рішення: GeoServer, MapServer – сервіси, які встановлюються на сервер і можуть надавати карти через стандарти WMS/WFS, виконувати просторові запити, генерувати тайли. Вони працюють у зв'язці з базою геоданих (наприклад, PostGIS) і дозволяють публікувати власні дані у вигляді картографічних сервісів для подальшого споживання клієнтськими додатками. Комерційні аналоги – Esri ArcGIS Server тощо [21].

4. Протоколи та формати геоданих. Веб-картографія використовує низку загальноприйнятих форматів: GeoJSON – формат на базі JSON для передачі географічних об'єктів (точок, ліній, полігонів) з їх атрибутами; KML (Keyhole Markup Language) – XML-формат, популярний у Google Earth; CSV або GeoCSV – таблиці з координатами для простих даних; GPX – формат для зберігання треків/маршрутів GPS. З протоколів найважливіші: згадані WMS (картинка карти за координатами та масштабом), WFS (веб-сервіс, що видає просторові об'єкти у векторній формі, наприклад у GeoJSON), WMTS (веб-сервіс тайлів). Також активно використовується REST API підхід – сервер має ряд URL-ендпоїнтів для запиту даних [17].

Таким чином, технологічний стек веб-картографії охоплює декілька рівнів:

1) клієнтська частина – JavaScript-бібліотеки (Leaflet, OpenLayers, Mapbox GL), HTML/CSS для верстки інтерфейсу, часто використання фреймворків (React, Vue) для побудови SPA-застосунків;

2) серверна частина – сервер додатка (може бути написаний на Python, Java, JavaScript (Node.js), PHP тощо), що обробляє логіку і взаємодіє з гео-сервісами;

3) сервер картографічних даних – GeoServer, MapServer або хмарний сервіс, який безпосередньо видає карти;

4) база геоданих – реляційна база з просторовим розширенням (PostGIS, MSSQL Spatial, Oracle Spatial) або NoSQL-хранилище, де зберігаються координати, геометрії об'єктів та їх атрибути.

Успішне розгортання веб-картографічного додатку вимагає узгодженої роботи всіх цих компонентів. Важливо дотримуватись стандартів інтероперабельності – завдяки відкритим стандартам OGC (Open Geospatial Consortium) різні системи можуть обмінюватись даними (наприклад, WMS сервіс GeoServer може бути відображений у будь-якій клієнтській JS-бібліотеці, що підтримує WMS).

Таким чином, веб-картографія є синтезом картографічної науки і веб-технологій. Вона надає концептуальний і технологічний фундамент для створення туристичних геопорталів. Розуміння архітектури веб-ГІС, ключових інструментів (як-от Leaflet, OpenLayers) та форматів даних є необхідним для подальшого проєктування і реалізації туристичного картографічного сервісу.

1.3. Особливості створення картографічних продуктів для туристко-рекреаційної сфери

Картографічні продукти, призначені для туристів та відвідувачів рекреаційних територій, мають свою специфіку, що вирізняє їх від, скажімо, науково-технічних карт чи навігаційних планів для інженерів. Основна відмінність – орієнтація на масового некваліфікованого користувача, яким є турист. Це визначає вимоги до змісту, дизайну та функціоналу туристичних карт та їх ключові особливості:

1. Зміст та тематика карти. Туристична карта повинна містити інформацію про об'єкти цікаві для мандрівників: пам'ятки історії та культури, музеї, архітектурні споруди, природні атракції (парки, заповідники, пляжі), туристичну інфраструктуру (готелі, ресторани, інформаційні центри), транспортні об'єкти (зупинки, станції метро, аеропорти) тощо (рис. 1.3).

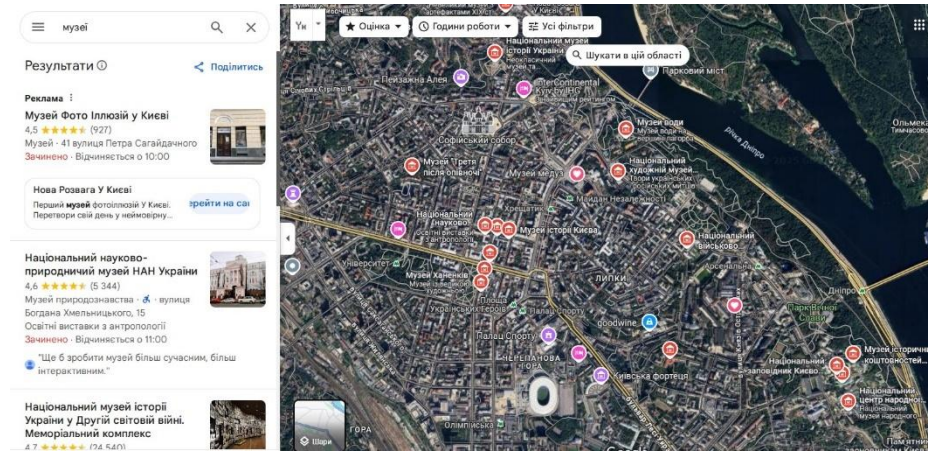


Рис. 1.3. Відображення популярних музеїв у глобальному сервісі “Google Maps”

При цьому важливий не вичерпний обсяг даних, а їхня релевантність для туриста. Наприклад, на туристичній карті міста доцільно позначити топ-10 чи топ-20 основних пам'яток, туристичні маршрути, оглядові майданчики, а дрібні деталі (як-от номери будинків, межі землекористувань) можуть бути опущені, щоб не перевантажувати карту. Тобто діє принцип генералізації твідбору змісту з урахуванням потреб цільової аудиторії [1; 13].

2. Пріоритизація об'єктів та інтерес користувача. На туристичній карті варто виділяти найбільш значущі та популярні локації. Цікава сучасна ідея – сортування об'єктів за рівнем їх привабливості, а не лише за категоріями. Наприклад, інтерактивна карта “Що подивитись – Україна” реалізує підхід, коли пам'ятки можна сортувати за оцінкою їхньої цікавості, отриманою від експертів чи користувачів, а не просто переглядати довгий перелік категорій. Це допомагає туристу зорієнтуватися, що є “must-see”, а що другорядне. Отже, туристичні геопортали дедалі частіше включають механізми рейтингів, відгуків, рекомендацій (подібно до сервісів TripAdvisor чи Google Maps) [17].

3. Інтеграція мультимедійної та довідкової інформації. Туристична карта не обмежується просторовим розташуванням об'єкта – вона повинна надавати й довідкові відомості: опис пам'ятки, історичну довідку, години роботи, вартість вхідних квитків, контактну інформацію, фото, відгуки тощо. Таким чином, туристичний геопортал виступає злиттям карти та путівника.

Наприклад, офіційний туристичний портал “Відвідай Київ” є своєрідним культурно-туристичним хабом, де зібрано інформацію про всі туристичні локації міста, події і цікавинки; він навіть дозволяє “відвідати Київ віртуально” через 3D-тури. Інтерактивні карти дають змогу доповнювати кожную точку на карті спливаючими вікнами з текстом, зображеннями, відео. Тому при розробці таких продуктів велика увага приділяється наповненню бази даних атрибутивною (текстовою) інформацією, а також можливості легко оновлювати ці відомості (наприклад, через систему керування контентом) [16; 25].

4. Досвід користувача та простота використання. Турист – не картограф і не ГІС-фахівець, отже інтерфейс карти має бути інтуїтивно зрозумілим. Невипадково одна з засад UX-дизайну карт – “не перевантажуй користувача інформацією”. Надмір деталей може лише збити з пантелику; важливо показати лише те, що потрібно, і в потрібний момент. Тому туристичні веб-карти зазвичай застосовують зрозумілу іконографіку (піктограми готелю, ресторану, музею – загальноновизнані символи), зрозумілі позначення маршрутів (наприклад, маркування різних пішохідних турів різними кольорами чи стилями ліній). Колірна гама має бути приємною та контрастною, щоб позначки чітко читалися на фоні карти. Інтерфейс передбачає мінімум кроків для доступу до інформації: наприклад, клікнув на іконку пам’ятки – отримав короткий опис і фото; бажаєш більше – натиснув “детальніше” для розгорнутої інформації. Важливо також оптимізувати карту під мобільні пристрої, адже більшість туристів подорожують зі смартфонами. Сайт або додаток геопорталу має бути адаптивним: працювати однаково добре і на великому екрані ноутбука при плануванні подорожі, і на маленькому екрані телефону під час гуляння містом [22; 17].

5. Багатомовність. Туристична аудиторія – міжнародна, тому хороша практика – наявність кількох мов інтерфейсу (мінімум українська та англійська для Києва; бажано також мови основних груп туристів – наприклад, німецька, французька, китайська залежно від цільового ринку).

Багатомовність стосується не лише меню, а й усіх описів об'єктів. Це вимагає організації даних таким чином, щоб кожен туристичний об'єкт мав версії атрибутів різними мовами, і переключення мови інтерфейсу перемикало також і контент [12].

6. Особливі функції для туристів. На відміну від професійних ГІС-додатків, де користувач сам вирішує, які шари даних вмикати, туристичні картографічні продукти можуть пропонувати попередньо підготовлені туристичні маршрути (прогулянки). Наприклад, “16 нових туристичних маршрутів Києва” були підготовлені до Євро-2012 – їх можна представити на карті як окремі шари, які користувач може увімкнути. Також популярні функції: “що поруч” (показ об'єктів навколо поточного місця користувача), “маршрут до обраного об'єкта” (навігація від місця перебування до пам'ятки), фільтри (відобразити, приміром, тільки музеї або тільки готелі). Туристична карта часто передбачає друк або експорт – користувач може згенерувати PDF з власним планом маршруту або зберегти перелік вибраних місць. Корисною є інтеграція з соціальними мережами – можливість поділитися знайденою локацією чи маршрутом з друзями [26].

7. Актуальність даних. Сфера туризму динамічна – з'являються нові заклади, змінюються години роботи, проводяться події. Тому туристичний геопортал має мати механізми актуалізації інформації. Це можуть бути як регулярні оновлення адміністраторами (наприклад, перевірка і оновлення даних кожні півроку), так і підключення до зовнішніх джерел: наприклад, автоматичне відображення подій з міського календаря на карті, підтягування відгуків з Google Places API тощо. Нерідко впроваджується функція, щоб самі користувачі могли повідомити про неточність (скажімо, якщо місце закрилося – надіслати відгук адмінам).

8. Безпека та особливі режими. У сучасних умовах (особливо з огляду на військовий стан в Україні) туристичні карти можуть враховувати і питання безпеки. Наприклад, впроваджуються спеціальні шари: бомбосховища, маршрути евакуації. Для іноземних туристів може бути

корисним шар з консульствами, лікарнями, відділеннями поліції. Хоч це й не є традиційно “туристичною” інформацією, але підвищує практичну цінність карти [26].

Отже, розробляючи картографічний веб-додаток для туристів, слід враховувати специфічні потреби та поведінку цієї аудиторії. Туристична карта повинна бути простою, наочною і водночас інформативною, поєднувати географічні дані з туристичним контентом. Вдалий туристичний геопортал – це синтез карти, путівника та планувальника маршруту.

1.4. Аналіз успішних прикладів картографічних веб-додатків та геопорталів

Для розуміння найкращих практик варто розглянути приклади реалізованих туристичних геопорталів та веб-карт як в Україні, так і за кордоном. Аналіз успішних кейсів дозволяє перейняти цінний досвід у частині функціоналу, дизайну та організації даних.

Українські приклади:

1. “Відвідай Київ” (guide.kyivcity.gov.ua). Офіційний туристично-культурний портал міста Києва, який об’єднує інформацію про туристичні локації, культурні події, маршрути. Сайт існує українською та англійською мовами. Містить інтерактивну карту з позначками основних пам’яток, музеїв, парків, закладів. Родзинка – віртуальні тури: користувач може здійснити 3D-екскурсію визначними місцями міста онлайн. Портал також пропонує готові маршрути (наприклад, оглядові екскурсії по місту) і календар подій. Цей приклад демонструє важливість поєднання карти з контентом: окрім розташування, надається опис, легенди, фотогалереї. “Відвідай Київ” реалізовано з використанням сучасних веб-технологій, карта інтегрована через API (можливо, Google Maps або Leaflet з власними тайлами) (рис. 1.4). Даний портал можна вважати зразком офіційного міського туристичного геопорталу, проте на даний момент він працює некоректно [3].

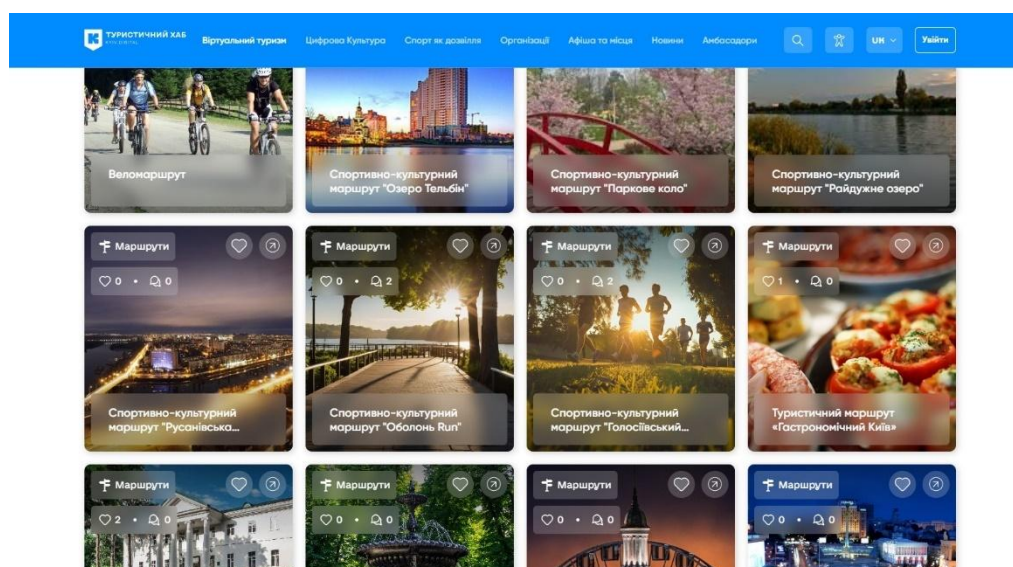


Рис. 1.4. Приклад готових маршрутів геоportалу “Відвідай Київ”

2. “Київщина туристична” (tour.kyivregion.gov.ua). Регіональний туристичний портал Київської області (під егідою обласної адміністрації). Містить інформацію про природні парки, садиби, музеї області. На головній сторінці – привабливі описи: “Київщина неймовірна! Тут є все та навіть більше для чудового відпочинку: історичні, архітектурні пам'ятки, музеї, урочища, заповідники, ландшафтні парки, пляжі...”. Карта дозволяє обирати об'єкти за категоріями (природа, культура, розваги). Особливий акцент зроблено на зеленому туризмі та сільських садибах. Цей приклад показує, як регіональний геоportal може розвиватися: шляхом державно-приватного партнерства наповнюється база даних, додаються тематичні маршрути (наприклад, гастрономічні чи етнографічні тури) [16].

3. “Цікавий Київ” (interesniy.kiev.ua). Це радше не офіційний портал, а приватна спільнота. Відомий сайт, що існує з 2000-х років, присвячений історії та цікавим місцям Києва. Має розділ “Карта Києва”, де на інтерактивній Google Maps позначено ряд екскурсійних маршрутів (“Задвірками Хрещатика”, “Романтичні історії Києва” тощо) та об'єктів. “Цікавий Київ” більше зосереджений на контенті (статті, авторські екскурсії), карта виконує допоміжну роль, однак цікавий тим, що містить багато нетипових локацій, відомих лише красзнавцям. Це приклад ентузіастського

картографування: коли аматори створюють власні інтерактивні карти для популяризації локальної історії. Такі “карти від туристів для туристів” відзначають і дослідники як важливий тренд – розвиток інтерактивних карт туристів-аматорів як доповнення до офіційних геопорталів.

4. Discover.ua – “Туристична карта України”. Онлайн-карта на сайті discover.ua об’єднує цікаві місця всієї України на одній мапі (рис. 1.5). Користувач може переглядати пам’ятки по регіонах, читати описи, будувати маршрути між ними. Особливість – наявність реальних фото та відгуків туристів до кожного місця. Фактично, це український аналог TripAdvisor в частині пам’яток: люди діляться враженнями, виставляють оцінки, а карта показує географію цих місць. Подібний ресурс сприяє розвитку внутрішнього туризму, заохочуючи подорожувати по Україні [25].

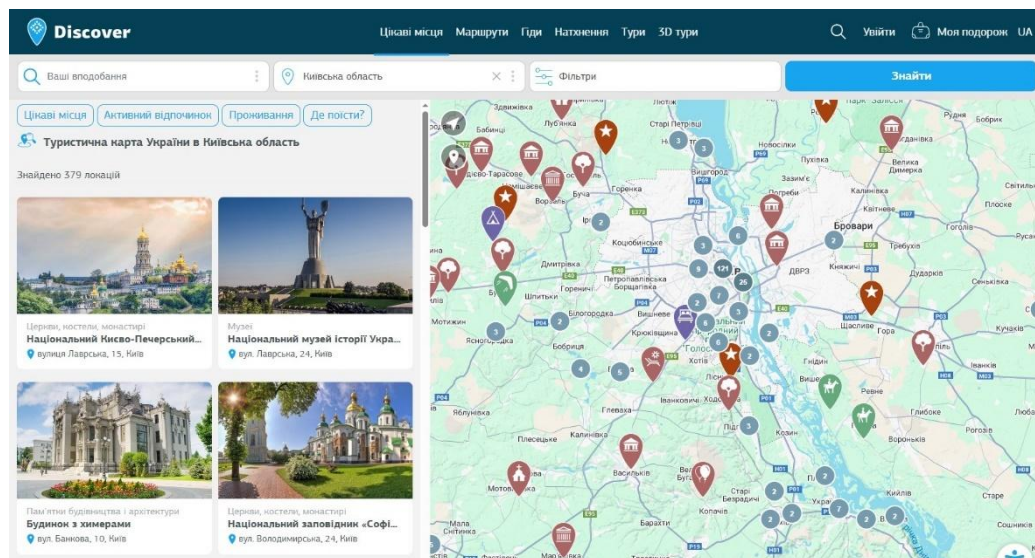


Рис. 1.5. Інтерфейс сервісу Discover.ua – “Туристична карта України”.

5. Національні та регіональні геопортали. В Україні останніми роками створено кілька масштабних геоінформаційних порталів, корисних і для туризму. Наприклад, Національний геопортал інфраструктури геопросторових даних (nsdi.gov.ua) – офіційний портал геоданих, де можна знайти карти, зокрема туристичні шари (рекреаційні зони, заповідники). У 2021 році реалізовано проєкт “Геоінформаційний портал Херсонської області”, що містить безліч даних про область, включно з туристичними

об'єктами. Хоч цей приклад не стосується Києва, але демонструє тенденцію: регіони запускають власні ГІС-портали з відкритими даними, куди входить і туристична складова. Дослідження відзначають, що в Україні впроваджуються геопортали двох рівнів: національного та регіонального, і саме туристичні геопортали регіонів (як-от Чернігівської, Херсонської областей) суттєво розширюють можливості представлення турпродукту. Зокрема, у Чернігівській області на базі потужного геопорталу містобудівного кадастру реалізовано тематичний туристичний тур – приклад міжсекторної синергії кадастрової ГІС та туризму [20].

Міжнародні приклади:

1. VisitLondon.com (Інтерактивна карта Лондона). Офіційний сайт туристичної організації Лондона містить інтерактивну карту, де відмічені пам'ятки, музеї, театри, готелі тощо. Карта дозволяє прокладати маршрут між обраними точками і навіть переглядати завантаженість транспортних ліній. Особливістю є інтеграція з системою бронювання: користувач, обравши готель на карті, може одразу перейти до бронювання.

2. Geoportal Парижа (Paris Tourist Office Map). Париж – один з найвідвідуваніших туристичних напрямків – має кілька цифрових карт. Офіційний офіс туризму пропонує карту з визначними місцями і маршрутами. Цікаво, що у партнерстві з Google у Парижі реалізовано AR-навігацію: через додаток можна навести камеру телефону і побачити напрямок до Лувру чи Ейфелевої вежі з стрілками доповненої реальності. Це показує майбутнє – поєднання веб-карти та мобільних AR-додатків для покращення орієнтації туриста на місцевості.

3. Національні парки США – інтерактивні карти. Служба національних парків (NPS) США пропонує інтерактивні карти для кожного парку, де позначені туристичні маршрути, кемпінги, центри для відвідувачів. Ці карти доступні офлайн через мобільні додатки, що важливо для місць без зв'язку. Такі приклади показують значення офлайн-режиму та мобільності:

туристичні карти повинні працювати навіть без інтернету, щоб бути корисними на віддалених локаціях (гористі стежки тощо).

4. TripAdvisor та Google Maps. Хоча це не “геопортали” у вузькому сенсі, не можна не згадати про ці глобальні платформи, якими користуються мільйони туристів. *TripAdvisor* має карту для кожного міста, де відображаються ресторани, готелі, атракції з рейтингами і відгуками. *Google Maps* став універсальним інструментом: туристи використовують його для навігації, пошуку найближчих цікавинок, читання відгуків, перегляду фотографій. Google Maps настільки вплинув на туристичну поведінку, що багато міст інтегрують свої дані прямо туди (наприклад, туристичні борди додають “свої” рекомендовані місця в Google). Для розробників локальних геопорталів це означає потребу взаємодії з цими платформами: надавати можливість експорту маршруту в Google Maps, або ж використовувати Google Places API для збагачення даних (наприклад, щоб показати рейтинг Google поряд з описом об’єкта на власному геопорталі) [23].

Отже, успішні приклади туристичних веб-карт і геопорталів характеризуються: багатим, актуальним контентом (описи, медіа, події); зрозумілим інтерфейсом, адаптивним дизайном; корисним функціоналом (маршрути, пошук, рейтинги, бронювання); інтеграцією з популярними сервісами (соцмережі, Google, бронювання); використанням сучасних технологій (3D-тури, AR, мобільні додатки).

Український досвід (Київ, регіони) показує позитивні зрушення у створенні туристичних геопорталів, хоча є куди рости в плані інновацій та повноти даних. Міжнародні приклади слугують орієнтиром, зокрема щодо UX/UI та сервісної інтеграції. Важливо відзначити, що дослідники підкреслюють: впровадження таких геопорталів на національному і регіональному рівнях значно допомагає формуванню інфраструктури геопросторових даних і загалом позитивно впливає на туристичну сферу.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИКА ПРОЄКТУВАННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ ВЕБ-ДОДАТКІВ ТА ГЕОПОРТАЛІВ

2.1. Вимоги до функціоналу та дизайну в туристико-рекреаційній сфері

Перед початком розробки туристичного картографічного веб-додатка необхідно визначити вимоги – тобто, які завдання він має виконувати (функціональні вимоги) і яким критеріям якості та дизайну повинен відповідати (нефункціональні вимоги). Ці вимоги багато в чому впливають зі специфіки користувачів та контексту використання, розглянутих у розділі 1.3., основними з яких є:

Функціональні вимоги:

1. Інтерактивна навігація по карті. Користувач повинен мати змогу пересуватися картою (панорамувати) та змінювати масштаб (наближати/віддаляти) плавно і швидко. Це базова функція будь-якої веб-карти. Реалізується засобами JS-бібліотек (Leaflet/OpenLayers мають вбудовану підтримку drag&zoom). Важливо забезпечити інерційне перетягування карти, масштабування скроллом – тобто звичну поведінку, подібну до Google Maps, аби користувачу було інтуїтивно комфортно.

2. Пошук об'єктів. Туристичний геопортал має включати пошукову функцію. Як мінімум – пошук по назві локації (наприклад, введення “Лавра” має знаходити “Києво-Печерська Лавра” і фокусувати карту на ній). Більш просунутий пошук може підтримувати категорії (“музей”, “готель”) або адресний пошук. Для реалізації пошуку можна використати індексування бази об'єктів (наприклад, в PostgreSQL/PostGIS за допомогою full-text search по назвах і описах) або зовнішні сервіси. Часто використовують API геокодування Google чи OSM Nominatim для адресного пошуку. Умовно, вимога: *“користувач повинен знайти потрібну пам'ятку за 1-2 кроки вводу*

тексту і натискання *Enter*”. Це важлива складова UX – швидкий доступ до інформації.

3. Фільтрація та категоризація. Об’єкти на карті поділяються на типи (пам’ятки, заклади, природа тощо). Не всім цікаві всі типи одночасно, тому потрібен механізм фільтрів. Вимога: користувач може вибірково увімкнути/вимкнути відображення певних категорій об’єктів. Наприклад, галочки: “Показати: музеї, парки, готелі, ресторани, ...”. Це дозволить зосередитися на тих шарах, що відповідають інтересам поточного користувача. Технічно це означає, що кожен об’єкт має атрибут категорії, а на клієнті реалізована логіка фільтра (як правило, просто приховування/показ відповідних маркерів чи шарів).

4. Відображення детальної інформації. Вимога: при взаємодії з об’єктом на карті (клік або тап на маркер/пиктограму) користувач отримує детальну інформацію про нього. Це може бути зроблено у вигляді спливаючого вікна на карті або бічної панелі. Вміст повинен включати: назву, текстовий опис, фото (якщо є), посилання (“Детальніше”, “Відгуки” тощо). Практично всі туристичні карти це мають, бо користувач очікує, що клікнувши по точці на карті він дізнається “що це таке”.

5. Побудова маршрутів. Дуже бажаний функціонал – маршрутизація: побудова маршруту між двома чи більше точками. Типовий сценарій: турист натискає “Маршрут сюди” на сторінці пам’ятки і отримує шлях від свого поточного місця (визначеного через GPS браузера) до цієї пам’ятки громадським транспортом чи пішки. Інший сценарій – користувач сам вказує точки А і В (або обирає кілька місць зі списку) і сервіс буде оптимальний туристичний маршрут. Реалізація маршрутизації може бути різна:

- використання зовнішніх API (Google Directions API, OpenRouteService, GraphHopper). Це швидкий спосіб: передаємо координати початку/кінця – отримуємо набір точок маршруту і відстань/час.

- вбудований маршрутизатор: існують плагіни для Leaflet (Leaflet Routing Machine) які можуть прокладати маршрут (використовуючи ті ж API

під капотом). Вимоги: маршрут має відображатися на карті (лінія), давати користувачу текстові підказки (список кроків: “пройти 200м, повернути ліворуч...” – якщо можливо), і альтернативні варіанти (наприклад, пішки чи на авто). Навігація – ключовий кейс використання карт, тому вона має бути реалізована зручно.

6. Визначення місцеположення користувача. Для мобільних користувачів потрібно дати можливість “показати мене на карті”. Браузери дозволяють (з дозволу юзера) отримати координати через Geolocation API. Вимога: кнопка “Моє місцезнаходження”, яка при натисканні центрує карту на поточній геопозиції користувача і позначає її (наприклад, синім маркером). Це полегшує орієнтування на місцевості.

7. Друк та експорт. Не обов’язкова, але корисна функція: згенерувати PDF карту з вибраними об’єктами або з наміченим маршрутом. Деякі туристи люблять мати паперовий план. Якщо реалізація в рамках веб-додатку складна, можна принаймні зробити так, щоб сторінка була оптимізована під друк з видимими потрібними елементами.

8. Зворотній зв’язок. Геопортал має надавати спосіб користувачу залишити відгук чи повідомити про помилку. Це не стільки картографічна, як загальна веб-функція (форма зворотного зв’язку, контактна інформація). Проте для довіри до сервісу важливо, аби була можливість комунікації. В деяких випадках впроваджують і елементи UGC (user-generated content): наприклад, дозволяють користувачам додавати свої точки (“додати цікаве місце”) – але це вже складніше модерується [13; 17; 22].

Нефункціональні та дизайн-вимоги:

1. Простота і інтуїтивність (Usability). Інтерфейс повинен бути зрозумілий без інструкцій. Мінімум кнопок та панелей на екрані, щоби не відволікати від самої карти. Згідно з принципами дизайну карт, необхідно забезпечити чітку візуальну ієрархію: головні елементи (сама карта, основні кнопки) – помітні, другорядні – менш помітні. Кожен елемент має свою функцію, нічого зайвого. Якщо система складна (багато шарів, багато

функцій), варто застосувати поетапне розкриття: спочатку показати базове, а деталі – по запиту. Наприклад, список категорій може бути згорнутий в кнопку “Категорії”, при натисканні розгортається.

2. Консистентність дизайну. Стиль оформлення має бути єдиним по всьому додатку. Вибір кольорів для карти – окреме завдання. Часто беруть за основу стриману палітру, щоб сама карта не домінувала над позначками. Важливе правило – контраст: позначки об’єктів, підписи мають контрастувати з фоном карти. Для туристичних карт часто фон роблять світлим і нейтральним, а туристичні локації – яскравими піктограмами. Текстові підписи об’єктів мусять бути розбірливими (достатній розмір шрифту, контраст з фоном – напр., темний текст на світлому ореолі). В цілому, дизайн має приваблювати туриста: можливо, використання тематичних іконок, брендovanі елементи міста (логотип “Visit Kyiv” і т.д.).

3. Адаптивність. Геопортал повинен коректно працювати на різних пристроях і екранах – від настільних ПК до смартфонів. Це означає використання адаптивної верстки: можливо, на мобільному деякі елементи ховаються або перегруповуються (наприклад, бічна панель стає повноекранною при відкритті). Карта повинна підтримувати сенсорне управління. Враховуючи, що понад 70% мандрівників завжди використовують смартфони під час подорожей, мобільна оптимізація – критично важлива.

4. Продуктивність. Користувач не буде чекати довго завантаження карти чи даних. Тому вимога: швидкий рендеринг карти і даних, оптимізація всіх запитів. Це досягається за допомогою попереднього завантаження тайлів (кешування), використання кластеризації для великої кількості точок (щоб не малювати тисячі маркерів одразу), пагінації в списках результатів, оптимізації зображень (мініатюри для фото). Також важлива оптимізація бекенду: просторові запити мають використовувати індекси, сервер повинен витримувати навантаження (при пікових запитах, напр. під час фестивалю

багато людей шукає локацію). Використання CDN для статичних файлів, стиснення трафіку – усе це стосується нефункціональних вимог.

5. Безпека та надійність. Портал повинен працювати по захищеному протоколу HTTPS (щоб користувач міг спокійно дозволити визначення геопозиції – сучасні браузері вимагають для цього HTTPS). Система має бути захищена від несанкціонованого втручання: якщо передбачено адмін-доступ чи додавання даних, потрібна автентифікація. Резервне копіювання бази даних – на випадок збою. Наявність плану підтримки даних в актуальному стані теж належить до забезпечення надійності інформації.

6. Доступність (Accessibility). По можливості, варто врахувати потреби людей з інвалідністю. Наприклад, забезпечити текстові альтернативи для важливих зображень, контрастність кольорів для слабозорих, підтримку навігації з клавіатури на сайті. Це поки рідко втілюється в туристичних картах, але як бенчмарк можна тримати стандарти WCAG [15; 17].

Формулюючи вимоги, бажано відштовхуватись від користувацьких історій: “як користувач я хочу знайти на карті музей і прокласти до нього маршрут”, “як турист я хочу зберегти цікавий об’єкт у свій список”, “як адміністратор я хочу додати нову подію на карту” тощо. Такий підхід (user stories) допомагає не пропустити важливий функціонал. Далі всі вимоги повинні бути задокументовані у технічному завданні (ТЗ) – формальному документі, що визначає що саме буде реалізовано [17].

Отже, вимоги до туристичного геопорталу включають широкий спектр функцій, які роблять карту корисною. На основі цих вимог у наступних кроках проєктування будуються модель системи та приймаються рішення щодо вибору технологій.

2.2. Вибір технологій для розробки: GIS-платформи, мови програмування та бази даних

Відповідальний етап проєктування – визначення технологічного стеку, на базі якого буде реалізовано веб-картографічний додаток. Вибір технологій

залежить від вимог (розглянутих у підрозділі 2.1), наявних ресурсів (бюджет, час, кваліфікація команди) та інших обмежень (наприклад, вимоги замовника щодо використання open-source або, навпаки, корпоративних ліцензійних продуктів). GIS-платформи та інструменти фронтенду: Існує два основні підходи – використання готової веб-ГІС платформи або розробка “з нуля” з використанням бібліотек та API.

1. Платформи. На ринку доступні потужні Web GIS рішення, які беруть на себе значну частину функціоналу. Серед найпопулярніших: ArcGIS Online (від Esri), Carto (раніше CartoDB), Mapbox, Mango Map, GIS Cloud тощо. Ці платформи дозволяють завантажити власні дані, налаштувати стиль карти через веб-інтерфейс і отримати інтерактивну карту, яку можна вставити на сайт або користуватися через API. Наприклад, ArcGIS Online – хмарний сервіс зі великим набором можливостей, інтегрується з екосистемою Esri (можна підключати дані з ArcGIS Pro, використовувати шаблони додатків). Carto – спеціалізується на просторовій аналітиці та візуалізації даних, має власний конструктор карт. Mapbox – відомий своєю привабливою картографією та гнучким API для розробників. Mango Map, GIS Cloud – пропонують простіші рішення, швидке розгортання карти на основі ваших даних. Згідно з оглядом 2024 року, саме ці платформи (ArcGIS Online, Carto, Mapbox, Mango, GIS Cloud) є серед лідерів і стали незамінними інструментами для роботи з просторовими даними у вебi. Перевага платформ – швидкість реалізації (не потрібно багато програмувати, більшість готово), підтримка (технічна підтримка провайдера), масштабованість (хмарна інфраструктура). Недоліки – вартість (багато з них платні при перевищенні лімітів), залежність від чужого API, можливо обмежена гнучкість (що можна зробити лише так, як дозволяє платформа) [6].

2. Загальнодоступні бібліотеки та власна розробка. Інший шлях – зібрати рішення самому зі складових. Як фронтенд використовують Leaflet або OpenLayers. Ці бібліотеки безкоштовні, дуже популярні, мають велику спільноту. Їхня широке розповсюдження підтверджується навіть у наукових

публікаціях: зазначається, що відкриті JS-бібліотеки Leaflet та OpenLayers стали стандартом де-факто у веб-картографії останніх років. Підключивши бібліотеку, розробник може додавати шари карти, маркери, обробляти події. Гнучкість – повна: можна реалізувати будь-який UX, будь-яку логіку, використовуючи мову програмування (JavaScript/TypeScript). Разом з тим, це вимагає більше зусиль ніж готова SaaS платформа, але дає незалежність і контроль. Вибір часто робиться на користь open-source, якщо проєкт має обмежений бюджет на ліцензії або потрібна специфічна кастомізація.

Іноді комбінують підходи: скажімо, використовують Mapbox як постачальника плиток карти (їх красивий стиль + глобальна інфраструктура CDN), а поверх накладають свої дані через Leaflet. Або використовують ArcGIS Online для зберігання та редагування даних, а відображають через власний фронтенд. Комбінація залежить від конкретної задачі [14].

Мови програмування (бекенд і фронтенд):

1. Фронтенд: Переважно це JavaScript (в браузері). Можна писати і Vanilla JS, але сучасні додатки часто розробляють як односторінкові (SPA) з використанням фреймворків: *React*, *Angular*, *Vue.js*. Вони добре інтегруються з картами: є, наприклад, *React-Leaflet* – обгортка для комфортної роботи з Leaflet у React. Використання фреймворків виправдане, якщо додаток складний, з багатими UI-компонентами (фільтри, меню, авторизація тощо). Якщо ж основний елемент – сама карта, можна обійтися мінімальним JS-кодом з підключенням бібліотеки карти. Також HTML/CSS є основою для всіх кнопок, панелей. Для стилів часто застосовують CSS-фреймворки (*Bootstrap*, *Materialize*) або сучасний flex/grid layout для адаптивності.

2. Бекенд: Хоч іноді простий геопортал може і не мати власного сервера (наприклад, коли все через сторонні API), але зазвичай потрібен сервер для логіки: зберігання даних, виконання запитів, авторизації адмінів. Вибір мови тут доволі вільний: Python (разом з Django або Flask) – популярний у ГІС через бібліотеки як GeoDjango, SQLAlchemy, GDAL. JavaScript (Node.js) – теж хорош, особливо якщо вже фронтенд на JS, то і

сервер можна на JS (наприклад, з використанням Express.js). Java – традиційно використовується з GeoServer/віджетами, але для веб-розробки менше популярна останнім часом у невеликих проєктах. PHP – можливий з Laravel чи без фреймворку, багато старих веб-ГІС зроблено на ньому. Сучасні архітектури часто роблять REST API на бекенді, що віддає дані у форматі JSON клієнту [23].

Якщо береться open-source ГІС-сервер (GeoServer), він сам надає багато сервісів (WMS/WFS), і можна навіть без власного бекенду напряму з клієнта до GeoServer звертатися. Але часто потрібна обробка даних чи кастомна логіка, тому легкий сервер застосовують.

Бази даних та ГІС-сховища:

1. PostGIS (PostgreSQL + GIS). Де-факто стандарт для зберігання просторових даних у веб-проєктах – це PostgreSQL з розширенням PostGIS. PostGIS розширює SQL-можливості PostgreSQL, додаючи підтримку геометричних типів (точки, лінії, полігони, географія), просторових індексів та функцій для гео-запитів. Зокрема, можна зберігати координати туристичних об'єктів як геометрію, будувати індекс R-Tree і швидко відбирати об'єкти в заданому радіусі чи прямокутнику. PostGIS дозволяє робити складні речі – наприклад, обчислити відстань між двома точками, об'єднати площі, знайти перетини – засобами SQL. Він підтримує 2D та 3D координати, а також топологічні структури, роботу з растровими даними, геокодування та ін. Інтегрується з багатьма інструментами: QGIS, GeoServer, MapServer легко підключають PostGIS як джерело даних. Тому, якщо не має обставин проти, PostGIS – перший кандидат. Альтернативи: MySQL теж має Spatial Extensions (але дещо бідніші), SQLite+Spatialite для менших проєктів або якщо потрібна вбудована БД. В корпоративному середовищі може бути Oracle Spatial або MS SQL Spatial – вони потужні, але платні [14].

2. NoSQL для гео. Іноді використовують NoSQL бази, особливо якщо дані напівструктуровані. Наприклад, MongoDB має гео-функціональність (2dsphere-індекс для точок), її можна використати для простих задач: знайти

всі об'єкти в межах кола. Але SQL-бази поки перевершують за можливостями геоаналітики. Є специфічні сховища: Elasticsearch – як пошуковий рушій, теж підтримує гео-точки, його можна використати для реалізації текстового пошуку з урахуванням географії (наприклад, шукати “музей” поблизу 5 км від центру).

3. Сховище тайлів та кешування. Якщо використовуємо свій сервер карт (напр., GeoServer), треба зберігати/генерувати тайли. Зазвичай для цього або налаштовують *кешування* на диск (GeoServer має GeoWebCache), або використати зовнішній сервіс типу *MapCache*. Для векторних тайлів – можна генерувати їх і зберігати в Amazon S3 чи на своєму сервері, а клієнт завантажує по URL. Враховуючи наш проєкт, швидше за все ми використаємо готові базові тайли (скажімо, OpenStreetMap через безкоштовний сервіс, або власний стиль Mapbox). Тоді не треба зберігати підложку. А от дані туристичних об'єктів зберігатимуться в БД (PostGIS) і видаватимуться через API або WFS при потребі.

Вибір стеку для конкретного проєкту (туристичний геопортал Києва): Припустимо, що ми хочемо використати максимум open-source і гнучкості. Тоді можливий вибір:

1. Фронтенд: JavaScript + Leaflet для карти, а також React для побудови інтерфейсу. Leaflet забезпечить карту, React – компоненти UI (панелі, списки). Можна і без фреймворку, але для масштабованості React допоможе структурувати код.

2. Бекенд: Node.js з Express – легко робити REST API, є модулі для інтеграції з PostGIS (наприклад, *node-postgres* для запитів SQL). Або Python Flask – теж гарний вибір, тим паче у Python багато бібліотек: Shapely для гео, psycopg2 для PostGIS. Обидва підходи забезпечать потрібне. Для прикладу візьмемо Node.js.

3. База: PostgreSQL + PostGIS. Вона безкоштовна, надійна, і наші дані (точки пам'яток, можливо полігони парків) прекрасно там вкладуться.

4. GIS-сервер: можливо, не потрібен повноцінний GeoServer, якщо ми самі можемо у коді виконувати запити. GeoServer доцільний, коли треба WMS/кадрові дані. Тут ми радше будемо передавати точки і інші об'єкти у GeoJSON, що Node.js зможе віддавати напряму з PostGIS. Отже, можемо обійтися без окремого GIS-сервера, якщо наш додаток не вимагає спеціальних картографічних операцій (буферизація, аналіз – це можна і в PostGIS зробити).

5. Зовнішні сервіси: підключимо OpenStreetMap tiles (наприклад, через безкоштовний CDN, типу tile.openstreetmap.org, враховуючи, що навантаження невелике). Або можна використати Mapbox (є безкоштовний тариф з обмеженням). Для маршрутизації – використаємо сторонній API, бо самі алгоритми прокладки – це складно. Можна взяти безкоштовний OpenRouteService (до 2000 запитів/день) або OSRM, або інтеграцію з Google Directions API (хоч він платний після певного ліміту). Для геокодування (пошук адрес) – OSM Nominatim (безкоштовно з обмеженнями швидкості) або Google Geocoding API.

Якщо б обирати комерційний шлях: можна було б використати ArcGIS Online. Наприклад, ArcGIS Web AppBuilder має готові шаблони для туристичних карт. Але тоді потрібно мати ліцензію ArcGIS. Mapbox також – красива картинка і хороші мобільні SDK, але за великих відвідувань доведеться платити [21].

В контексті академічного проєкту, частіше обирають стек у вільному доступі, щоб продемонструвати володіння технологіями і уникнути ліцензійних питань. До того ж, open-source рішення такі як PostGIS, Leaflet вже багаторазово апробовані у подібних системах і рекомендовані як надійний фундамент.

Отже, наш умовний вибір: Leaflet + Node.js + PostGIS + (OSM Tiles + сторонній routing API). Цей набір забезпечить реалізацію всіх функцій і вимог, згаданих раніше, і дозволить масштабувати та модифікувати систему у разі потреби.

Ключовим принципом вибору має бути відповідність технології завданню. Не існує однієї “найкращої” платформи – кожна має свої сильні сторони. Важливо зважувати: якщо пріоритет – аналіз даних і красиві 3D-візуалізації, може краще підійде ArcGIS; якщо бюджет нульовий і головне – простота, то Leaflet+PostGIS. Ми обрали шлях, який на нашу думку оптимально відповідає потребам туристичного геопорталу Києва в умовах типового університетського проєкту.

2.3. Етапи проєктування: аналіз потреб, технічне завдання, концептуальна модель

Процес проєктування картографічного веб-додатку складається з кількох послідовних етапів. Дотримання цих етапів забезпечує системний підхід і високу ймовірність того, що кінцевий продукт відповідатиме очікуванням користувачів та замовників. Розглянемо типовий життєвий цикл проєктування на прикладі нашого туристичного веб-додатку.

1. Аналіз потреб та визначення вимог. Цей етап ми частково вже виконали в розділі 2.1, де дослідили, що потрібно користувачам (туристам) і які функції та характеристики має мати система. Аналіз потреб включає:

- збір інформації від стейкхолдерів. Наприклад, якщо замовник – міське управління туризму, проводяться зустрічі для з’ясування їх бачення: які задачі стоять (залучення туристів, реклама об’єктів, надання сервісів), які дані є у наявності (можливо, списки об’єктів, які треба відобразити), які обмеження (наприклад, обмежений бюджет на оплату API або вимоги щодо хостингу на державних серверах).

- дослідження користувачів. Хто цільова аудиторія геопорталу? Можна створити “персони” – наприклад, Анна, 25 років, іноземка, вперше в Києві; Сергій, 40 років, киянин, шукає нові місця для сімейного відпочинку. Для кожної “персони” виписуються їх потреби та сценарії використання. Це допоможе потім при дизайні UI.

- аналіз аналогів. Вивчаються існуючі рішення (що ми і зробили у підрозділі 1.4). Це дає змогу побачити, які функції є стандартом де-факто (їх варто теж мати), а чого бракує у інших (щоб зробити наше рішення кращим).

- формування списку вимог. На основі зібраного формується список вимог – функціональних і нефункціональних. Вони повинні бути конкретними, перевіряними (метрика успіху), і пріоритизованими (обов’язкові, бажані, додаткові). Наприклад: “Система повинна відображати на карті щонайменше 100 туристичних об’єктів Києва, розподілених по 5 категоріях”, “Система повинна підтримувати українську та англійську мови інтерфейсу”, “Час завантаження головної сторінки – не більше 3 секунд при середній швидкості інтернету” [15; 22].

2. Розробка технічного завдання (ТЗ). Технічне завдання – це документ, що на основі вимог описує чітко, ЩО має бути реалізовано. Його ціль – зафіксувати домовленості між замовником і розробником, а також слугувати базою для планування робіт. У ТЗ зазвичай включають:

- Стисле описання проєкту, мета.
- Функціональні вимоги. Перераховуються функції системи. Тут же можна описати інтерфейси.
- Вихідні дані. Що буде на вході – чи є база даних об’єктів, чи доведеться її створювати; чи надає замовник якісь GIS-шари; звідки беруться дані про події і т.д.
- Вимоги до технологій. Іноді замовник визначає – використовувати тільки open-source, або, навпаки, наполягає на певній платформі. Якщо ні – розробник сам пропонує (і це має бути узгоджено). Тут же – вимоги до хостингу, безпеки.
- Таймлайн і етапи реалізації. Розбивка на проміжні етапи (прототип, альфа-версія, бета-версія, реліз) з датами та відповідальністю [8].

У нашому випадку ТЗ буде відносно невеликим, оскільки проєкт учбовий, але так як він має потенціал для майбутнього доопрацювання, то ставимось якомога серйозно.

3. Розробка концептуальної моделі. Це творчий етап проєктування, де на основі вимог продумується як система буде організована. Сюди входять:

- Концептуальна модель даних. Треба визначити, які сутності ми маємо і як вони пов'язані. Зручно побудувати ER-діаграму (діаграму “сутність-зв'язок”). Наприклад, сутність “ туристичний об'єкт ” може мати атрибути: ID, назва_укр, назва_англ, опис_укр, опис_англ, категорія, координати, посилання_на_фото. Інша сутність – “маршрут” з атрибутами: ID, назва, список_точок і т.д. Може бути сутність “користувач” (якщо передбачається реєстрація чи збереження даних). Визначаємо зв'язки: один маршрут включає багато POI; користувач може зберігати багато POI у “вибраному”. На цьому етапі можна спрощувати: якщо немає функції користувачів, то і сутність “користувач” не потрібна [7].

- Архітектурна схема. Вирішується, які компоненти будуть програмними модулями. Якщо використовуємо GeoServer – його теж малюємо. Якщо інтегруємо зовнішні API – показуємо, що клієнт чи сервер звертається до Google API або OSM API. Така схема – частина концептуального проєктування, щоб всі знали, як частини взаємодіють.

- UX-прототипування. Паралельно (або після структури даних) дизайнери та аналітики продумують інтерфейс. Створюються макети екранів. Спочатку низької деталізації: розміщення основних блоків – шапка, панель фільтрів зліва, карта займає решту площі, рор-уп при кліку і т.д. Потім можуть бути і детальні UI-макети (в кольорі, з прикладами контенту). Це концептуальне проєктування інтерфейсу. Воно критично важливе для UX: краще виправити недоліки на папері, ніж коли вже все закодовано. Зазвичай розробляють кілька варіантів макету, обговорюють з командою/замовником, беруть найвдаліший. Може навіть проводитись тестування прототипу на декількох реальних користувачах: їм показують макет і питають “куди б ви натиснули, щоб...?” – щоб виявити потенційні проблеми навігації.

- Вибір стилю карти. Концепція включає і рішення, як має виглядати карта. Можна вибрати існуючий стиль (наприклад, OSM Bright чи Carto

Voyager) або створити свій. Існують редактори стилів (Mapbox Studio, CartoCSS). На концептуальному рівні вирішуємо: фон світлий, зелені зони показуємо, підписи – які і де. Якщо свій дизайн – можливо, замовимо у картографа вручну намалювати підклад. Але практичніше використати готові плитку [7; 21].

4. Подальша деталізація проєктування. Після концептуальної моделі можна переходити до логічного і фізичного проєктування, тобто конкретних схем БД (SQL-скрипти створення таблиць), REST-інтерфейсів (описати, які URL, які параметри, що повертають), дизайну API між фронтом і бекем, детальної верстки UI. Це вже виходить за межі “концептуальної” стадії і переходить в стадію реалізації. Але частиною проєктування є ще планування тестування (як будемо перевіряти кожну функцію) і підготовка тестових даних.

Як видно, етапи взаємопов’язані: в ідеалі, жоден з них не пропускається. Часто на практиці (особливо в навчальних чи малих проєктах) деякі кроки роблять неформально (без документації), але обов’язково слід розуміти їх необхідність. Наприклад, не можна просто сісти і почати кодувати карту, не зрозумівши, що потрібно користувачу – інакше є ризик отримати “ідеальну” з технічного боку систему, яка нікому не потрібна чи незручна.

У випадку нашого туристичного геопорталу, наступні етапи:

– з’ясували потреби (турист хоче інформації та навігації) (рис. 2.1);

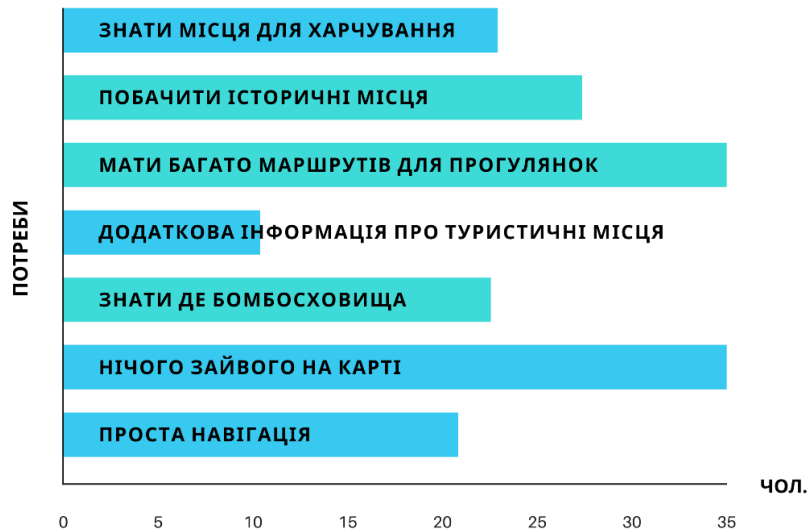


Рис. 2.1. Результати проведеного опитування серед осіб віком 18-47 років

- описали функції (пошук, фільтр, маршрути і т.д.);
- визначили технології;
- намалювали схему даних (POI з атрибутами, категорії) (рис.

2.2);



Рис. 2.2. Перші ескізи позначення основних категорій.

- зробили ескіз інтерфейсу (рис. 2.3);



Рис. 2.3. Ескіз основного інтерфейсу веб-додатку.

– погодили все це з “замовником” (керівником диплому).

Отже, етапи проектування – це дорожня карта створення системи. Від ретельності опрацювання кожного етапу залежить успіх усього проекту. Особливо у контексті туристичного геопорталу слід приділити увагу етапу аналізу потреб (щоб зрозуміти, що потрібно туристам і замовникам) та прототипуванню UX (бо зручність – ключовий фактор). Сформовані на цій стадії технічні документи (ТЗ, моделі) служитимуть орієнтиром на наступних етапах розробки і впровадження.

2.4. Методи інтеграції картографічних даних із туристичною інформацією

Одним з найважливіших завдань при створенні туристичних геопорталів є поєднання двох видів даних: геопросторових (картографічних) та туристично-довідкових. Перші описують де знаходяться об’єкти (координати, геометрія на карті), другі – що це за об’єкти (назви, описи, характеристики, фото, відгуки). Методи та підходи до такої інтеграції.

1. Єдина база даних з просторовими та атрибутивними даними. Найпростіший і поширений метод – зберігати туристичну інформацію у тій самій системі, що й координати. Таким чином, один запис містить повний опис об’єкта. Це полегшує роботу: один запит до БД – і ми отримуємо і місце

на карті, і всі деталі. Посторінково чи з фільтрами можна витягати тільки потрібні дані (наприклад, тільки назви і координати для відображення всіх точок, а при кліку – ще й опис).

2. Використання ідентифікаторів для зв'язку різних джерел. Інший випадок: туристична інформація вже зберігається десь (скажімо, у CSV-файлах чи в CMS сайту). А координати можна брати з іншого джерела (наприклад, з OpenStreetMap, якщо у OSM є цей об'єкт). Тоді виникає питання зв'язки – як ми зрозуміємо, що “Музей X” в нашій базі – це та сама точка, що і “Museum X” в OSM? Для цього використовують унікальні ідентифікатори або стандартні назви. Один метод – геокодування назв: беремо назву і адресні дані з довідника і через API геокодування отримуємо координати (наприклад, Nominatim або Google Geocoding). Але це не завжди надійно, може дати неточність. Краще – мати явний ключ [13].

3. Інтеграція через веб-сервіси та API. Замість об'єднання даних у одній БД, можна інтегрувати “на льоту” через API. Припустимо, у нас є карта, а докладний опис пам'ятки – у Вікіпедії. Ми можемо при кліку на об'єкт виконати запит до Wikipedia API (по назві об'єкта) і отримати витяг статті, який відобразимо. Або, наприклад, інтегрувати відгуки з Google Maps: коли відкривається об'єкт, наш бекенд звертається до Google Places API з запитом про рейтинги та відгуки цього місця (ідентифікатор місця можна дізнатися за координатами або назвою, якщо Google його знає). Так само – фотографії: Flickr API можна питати про фото певної локації, або Instagram (якщо є геотештеги).

4. Семантична інтеграція та Linked Open Data. В контексті сучасних технологій, дедалі більше інформації доступно як Linked Open Data – зв'язані відкриті дані. Наприклад, DBpedia/Wikidata містять структуровану інформацію про визначні місця (назви, координати, факти). Туристичні ресурси теж переходять на це. Метод інтеграції: ми можемо прив'язувати наші об'єкти до записів Wikidata через їхній унікальний ID. Тоді замість дублювання опису, можна через запити SPARQL або використовуючи

відповідні бібліотеки отримувати дані. Це схоже на метод 2, але використовує онтології та стандартизовані зв'язки.

5. Інтеграція картографічних шарів з доменною інформацією через гео-аналітичні методи. Іноді треба поєднати просторові дані з, наприклад, статистикою відвідувань чи економічними показниками. Для туризму це може бути, наприклад, шар, що показує туристичний потік по районах міста (забарвленням полігонів – чим більше туристів, тим темніший колір). Тут інтеграція означає взяти дані зі статистики (скажімо, 100 тис. відвідувачів у Печерському районі) і прив'язати до географії (полігон Печерського району). Методи – просторові запити (join по географічному розташуванню), якщо об'єкти точкові і потрібно дізнатися, в який район вони потрапляють. Для цього PostGIS має функції ST_Contains та ін. Отже, інтеграція відбувається шляхом просторового аналізу: виокремлення списку об'єктів у межах певної зони, агрегація даних [1].

6. Інтеграція в контексті UX. Треба згадати і про те, як це виглядає для користувача. Найкраща інтеграція – коли карта *не відчувається* окремо від контенту. Успішний приклад – коли навігація може відбуватися як через карту, так і через списки/категорії, і це взаємопов'язано. Методи реалізації: двостороння зв'язка UI. Якщо користувач клацає по об'єкту на карті – справа відкривається панель з описом (котрий, як ми інтегрували на рівні даних, підтягнувся з БД). Якщо він натискає на назву об'єкта у списку – карта автоматично фокусується на ньому і підсвічує його. Це інтеграція на рівні фронтенду: забезпечення синхронізації карти і інтерфейсу каталогу.

Кейс інтеграції: туристичні маршрути. Маршрут – це вже об'єкт, що сам по собі пов'язує гео-дані і турінфо. Наприклад, “Маршрут: Вечірній Київ” містить геометрію (послідовність точок/ліній на карті) плюс опис (текстовий гайд по маршруту). У базі можуть бути окремі таблиці для маршрутів і місць, зв'язані через проміжну таблицю (багато-до-багатьох, бо один об'єкт може входити в різні маршрути). Коли користувач обирає маршрут, треба одночасно показати лінію на карті і список точок з описами.

Це теж інтеграційне завдання: вирішується на бекенді (запит витягає і лінію, і точки, і тексти) або двома запитами (спочатку список точок маршруту, потім тексти по ID). В будь-якому разі логіка така: одна дія користувача тягне оновлення і карти, і контенту.

Таким чином, інтеграція картографічних і туристичних даних – серце туристичного геопорталу. Технічно найефективнішим є зберігання геометрії і атрибутів разом (у реляційній БД з просторовим модулем). Але часто доводиться працювати і з зовнішніми джерелами, тоді застосовують методи зв'язування через ідентифікатори або виклики API. Суть у тому, щоб користувач отримав цілісний досвід: карта повинна “знати” все про об’єкт, а текстова інформація має бути прив’язана до конкретного місця на карті. Від добре продуманої інтеграції залежить і успіх системи: якщо дані неповні або неузгоджені (наприклад, назви на карті не відповідають назвам у списку) – користувач заплутається. Тому проєктувальники мають закласти на цьому етапі чітку модель зв'язку гео-даних і контенту, що ми й зробили, визначивши структури даних і способи обміну.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА ПРИКЛАДНОГО КАРТОГРАФІЧНОГО ВЕБ-ДОДАТКА (НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА)

3.1. Опис об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження і одночасно прикладом для розробки є місто Київ – столиця України. Вибір Києва як демонстраційної території обумовлений тим, що це один з найбільших туристичних центрів країни, з багатою історико-культурною спадщиною, розвиненою інфраструктурою та значним обсягом доступних даних. Проектуючи туристичний геопортал на прикладі Києва, ми отримуємо можливість охопити різнопланові туристичні ресурси: від давніх архітектурних пам'яток до сучасних розважальних закладів (рис. 3.1).

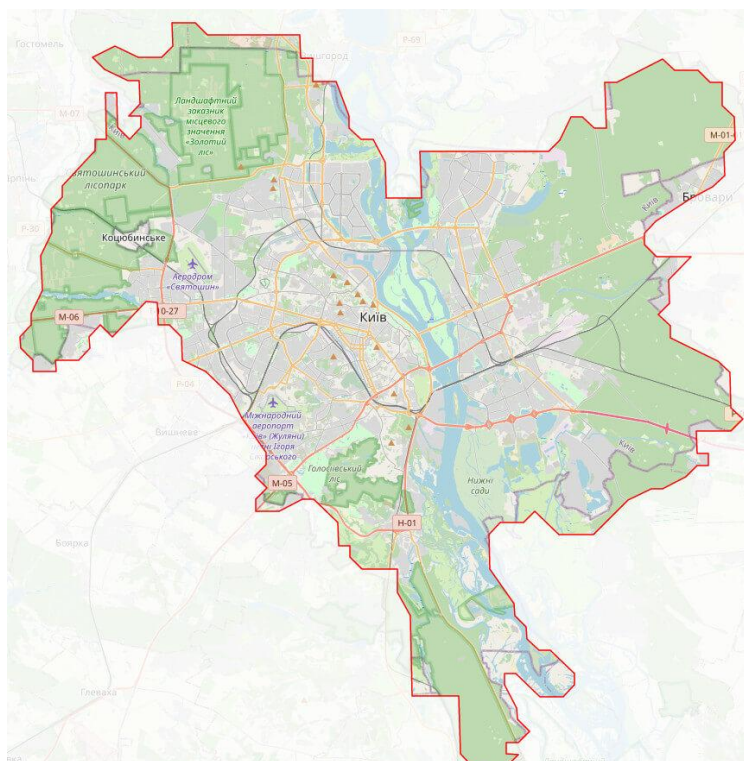


Рис. 3.1. Карта м. Києва

Туристичний потенціал Києва характеризується тим, що: місто засноване понад 1500 років тому, має численні історичні пам'ятки світового значення. Дві київські святині – Софійський собор і Києво-Печерська Лавра –

входять до списку Світової спадщини ЮНЕСКО. Окрім того, Київ відомий такими об'єктами як Золоті ворота, Андріївська церква, Михайлівський Золотоверхий собор, Монумент “Батьківщина-Мати”, Національний музей історії України, музей Булгакова, вулиця Хрещатик та Майдан Незалежності, численними парками (Маріїнський парк, парк “Феофанія”, ботанічний сад ім. Гришка) [10].

Туристичний потік та інфраструктура: До пандемії COVID-19 Київ стабільно нарощував туристичні потоки. У 2019 році місто відвідали понад 2 млн туристів, у 2021 – попри карантинні обмеження – 1,02 млн іноземних туристів і 2,1 млн внутрішніх туристів (рис. 3.2.- 3.3).

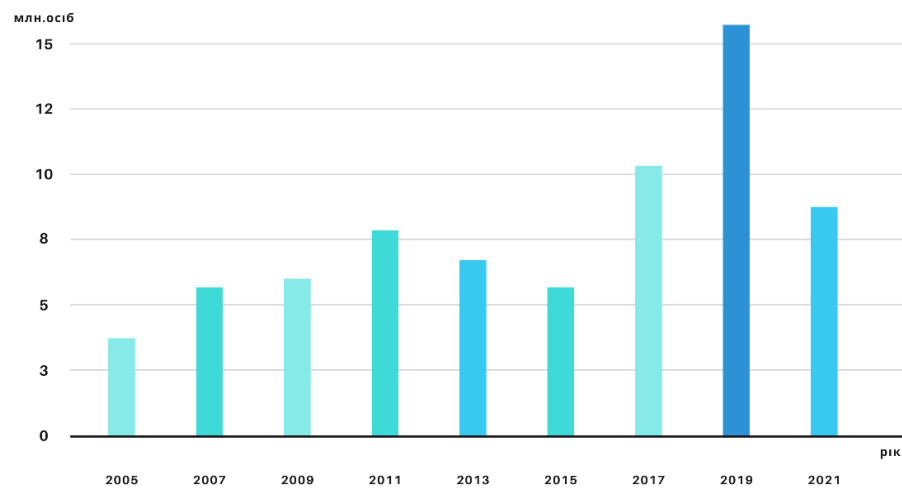


Рис. 3.2. Пасажиропотік Міжнародного аеропорту “Бориспіль”

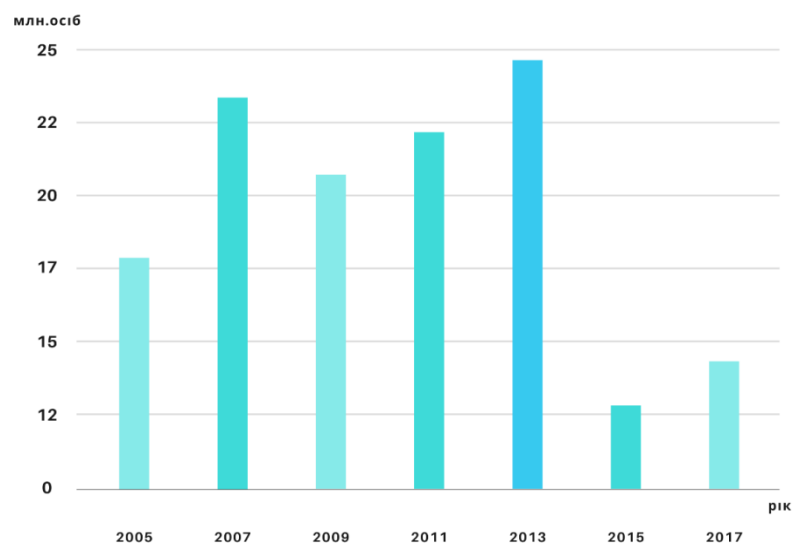


Рис. 3.3. Іноземні громадяни, що відвідали Україну

Це рекордні показники для столиці. Туристи приносять значний дохід місту (тільки туристичний збір у 2021 склав орієнтовно 76 млн грн). Інфраструктура для відвідувачів включає понад 200 готелів, сотні закладів харчування, розгалужену транспортну мережу (метро, автобуси, таксі), екскурсійні служби тощо. Об'єднати інформацію про частину цих елементів на одному ресурсі – важливе завдання для підвищення якості обслуговування туристів. Тому наш геопортал, окрім пам'яток, включатиме розташування туристично-інформаційних центрів, готелів, а також транспортних вузлів, щоб мандрівник мав під рукою всі базові орієнтири [4].

Особливості просторової структури Києва: місто розташоване по обох берегах Дніпра, має складний рельєф (пагорби, печерні комплекси). Основні туристичні райони сконцентровані на правому березі: історичний центр (Поділ, Старе місто – Софійська, Михайлівська площі), Печерськ (Лавра, музей ВВВ), частково Шевченківський район (Золоті ворота, Володимирський собор). На лівому березі туристичних місць менше (Природний парк “Муромець”, наприклад, або музей на Харківському масиві). Це означає, що карта повинна відображати високу концентрацію РОІ на відносно невеликій площі центрального Києва і менш щільно – на околицях. Для оптимального орієнтування може буде доцільним поділити місто на туристичні зони: наприклад, “Історичний центр”, “Печерська Лавра і околиці”, “Поділ”, “Сучасний центр (Хрещатик)”, “Поза центром” (музеї на Святошино, парки на Троєщині тощо). Це може бути реалізовано як темати, або ж просто у вигляді рекомендованих маршрутів.

Дані для бази об'єктів Києва: щоб реалізувати геопортал, потрібен масив даних про об'єкти. Джерела даних:

1. Власний збір: склав перелік ТОП-100 пам'яток Києва (на основі туристичних путівників, списків з сайтів “Топ 10”, офіційних рекомендацій). Для кожного знайдено координати – їх можна отримати з Google Maps (клік правою кнопкою – “що тут?”), а також використав openstreetmap.org (пошук назви, отримання координат). Короткий опис – брав з Вікіпедії (укр/англ) – з

посиланням на джерело (для етичності). Фото – вибрав по 1-2 фотографії з відкритих джерел.

2. Існуючі набори відкритих даних: сайт data.gov.ua та інші містять деякі дані. Наприклад, “перелік музеїв Києва” з адресами. Є також дані про паркові зони, про пам’ятники архітектури (у вигляді списків). Однак спеціалізованого набору “туристичні об’єкти” може не бути, тому довелося комбінувати.

3. OpenStreetMap: даний сервіс має багато цікавих для туристів об’єктів у Києві – ресторани, банкомати, готелі тощо. Ми можемо завантажити фрагмент карти Києва і вибрати потрібні категорії. Це корисно для другорядних шарів (для прикладу, відобразити всі станції метро або всі відділення пошти – якщо потрібно). OSM дані ми не зберігаємо у нашій основній БД, а підтягуємо динамічно через API Overpass, коли треба (наприклад, при увімкненні шару “станції метро” – виконується Overpass-запит).

4. Ресурси, подібні до TripAdvisor: для вибраних ключових точок можна подивитися рейтинги і включити як атрибут (наприклад, “TripAdvisor rating: 4.5/5”). Це не критично, але додає інформативності.

Таким чином, формування бази туристичних об’єктів Києва – окреме підзавдання. Для нашої демонстрації досить ~100-150 об’єктів, щоб показати можливості (звісно, реальний портал мав би більше). Серед них категорії: історичні пам’ятки, музеї, храми, парки, театри, розважальні місця (торгово-розважальні центри, зоопарк, аквапарк), інфраструктура (вокзал, аеропорт, туристичні центри).

Для Києва можна підготувати кілька прикладних маршрутів: скажімо, “Оглядовий маршрут центром” (Софія – Михайлівський – Андріївський узвіз – Майдан – Лавра за один день), “Музейний тур” (на кілька ключових музеїв), “Парки Києва” (3-4 парки одним маршрутом). Це покаже роботу функціоналу маршрутів.

Потенційні користувачі геопорталу Києва:

1. Українські туристи з регіонів, що приїждять на вихідні (для них важливі базові орієнтири, вибрати куди піти).
2. Іноземні туристи (для них потрібна англomовна версія, акцент на “топ-10” місць, функція побудови маршруту від готелю).
3. Місцеві жителі, зацікавлені у нових місцях (їм цікаві менш популярні, “секретні” місця, тематичні прогулянки).
4. Студенти, школярі – як освітній ресурс (розглянути історію міста через карту).
5. Органи влади – як додатковий канал інформування (можливо, в майбутньому збирати статистику переглядів об’єктів).

Взаємодія з існуючими структурами: Київ має офіційний туристичний сайт (згаданий “Візит Київ”). Наш геопортал не прагне дублювати його, швидше доповнює акцентом на картографію та особисті потреби без зайвого. Можна передбачити, що в перспективі така система інтегрується з офіційною: наприклад, підрозділ сайту “Мапа” може бути нашим додатком. Також є “Київ Цифровий” – міський додаток, що включає транспорт, паркування тощо; він поки не фокусується на туризмі, але в майбутньому можливо об’єднання.

Таким чином, місто Київ, з його характеристиками, виступає полігоном, на якому будуть продемонстровані рішення. У наступних підрозділах ми перейдемо до технічних кроків збору даних, їх обробки та реалізації функціоналу. Київ слугує прикладом, але методи можуть бути застосовані і до будь-якого іншого міста чи регіону з туристичним потенціалом.

3.2. Збір, обробка та візуалізація картографічних даних

Цей етап присвячений практичній роботі з даними: необхідно зібрати вихідні картографічні та туристичні дані, підготувати їх до використання у веб-додатку, а також налаштувати їх візуалізацію (як вони виглядатимуть на

карті). Розглянемо послідовність кроків і методи, застосовані для нашого прикладу.

Збір даних:

1. Геодані про місця. Як описано в 3.1, я сформував список об'єктів для відображення. Кожен об'єкт потребує координат. Координати отримував переважно з OpenStreetMap: шляхом пошуку назви на osm.org і копіювання довготи/широти. Для кількох об'єктів, що не знаходились легко, використовував Google Maps (GPS координати). У результаті отримав таблицю з полями: Назва укр, Назва англ, Широта, Довгота, Категорія, Примітки.

2. Описова інформація. Для кожного об'єкта з тієї таблиці зібрав короткий опис (2-3 речення українською та англійською). Джерела: офіційні сайти музеїв, Вікіпедія, туристичні сайти. Важливо: тексти унікальні чи перероблені, щоб уникнути прямого копіювання але з вказуванням джерел. Окрім текстів – підібрав 1-2 фото для кожного основного об'єкта.

3. Додаткові шари. Вирішив також додати шар “станції метро” (усі станції київського метро). Ці дані взято повністю з OpenStreetMap по межі міста Києва. Отримані близько 50 точок, записані у GeoJSON. Аналогічно, шар “туристично-інформаційні центри” – знайшов 3 адреси таких центрів (з сайту управління туризму) і вручну вніс координати.

4. Маршрути. Підготував чимало туристичних маршрути як набори точок: для цього виписали послідовність існуючих POI, які входять в маршрут, потім з допомогою Google Maps подивився оптимальний пішохідний шлях і відцифрував його. Маршрути зберіг у форматі GeoJSON LineString [8].

Обробка даних:

1. Конвертація та імпорт у базу. Всі зібрані дані було зведено до форматів, готових до завантаження в PostGIS. Атрибути внесено у відповідні текстові поля. Для GeoJSON з маршрутами – застосовано функцію PostGIS ST_GeomFromGeoJSON для вставки геометрії LineString.

2. Перевірка та очищення. Переконався, що всі точки лягли в правильному місці (для цього зробив швидку карту в QGIS, наклавши точки на підклад OSM). виправив пару координат, що мали похибки (музей “Кирилівська церква” спершу не там поставив). Також додав деякі поля: для зручності – транскрипція назв латиницею (українські назви можуть бути з специфічними літерами – можна динамічно транслітерувати, але зробив вручну). Підготував скорочені описи для спливаючих вікон і довші – для повної інформації, щоб не загромождувати одразу.

3. Категоризація. Визначив категорії: "музей", "парк", "церква", "пам'ятник", "театр", "гарні місця", "дозвілля", "готель", і т.п. Кожному об'єкту присвоєно одну або дві категорії (якщо він мультифункціональний, але зазвичай одну головну). Категорія використовується як для фільтрації, так і для призначення значка на карті [7].

Налаштування візуалізації даних:

1. Вибір базової карти: для фону карти вирішено використовувати OpenStreetMap tiles стандартного стилю. Вони безкоштовні і досить інформативні: показують вулиці, будівлі, назви. Альтернативою було б узяти світліший стиль (CartoDB Positron, Mapbox Light) аби наші дані яскравіше виглядали. Але я спробував стандарт OSM і побачив, що для Києва він цілком годиться: туристичні POI будуть поверх нього. На випадок великого навантаження, можна згодом перейти на власний тайл-сервер чи інший постачальник (Maptiler, Thunderforest).

2. Дизайн значків: для різних категорій зроблено унікальні значки. Знайдено набір безкоштовних піктограм та доопрацьовано в Ілюстраторі. Обрав символи: для музею – іконка, як храм в Афінах, для парку – дерево, для церкви – хрест, для пам'ятника – статуя, для театру – маски, для оглядового майданчика – бінокль, для розваг – смайл або колесо огляду, для готелю – ліжко, для інфо-центру – знак “i”. Leaflet дозволяє легко задавати кастомні іконки для маркерів. Таким чином, на карті кожен об'єкт буде

відображатися маркером своєї форми чи кольору – це створює наочність і асоціації.

3. Кластеризація: якщо є ситуація, що багато точок лягають одна на одну (наприклад, в центрі 30 музеїв на квадратному кілометрі), розглянули `clustering`. Є плагін `Leaflet.markercluster` – він групує близькі маркери. Однак для користувача, можливо, краще одразу бачити окремі значки (бо кластер буде “+15”, поки не наблизиш). Вирішив поки не застосовувати кластеризацію, оскільки точок ~120, вони більш-менш розкидані. Якщо б їх було 1200 – тоді обов’язково.

4. Спливаючі підказки: налаштовано, що при наведенні миші на маркер показується маленьке вікно з назвою місця. Це допоможе швидко глянути, не клікаючи.

5. Панель з описом: вирішив зробити бічну панель: коли клікаєш на об’єкт, з правого боку екрану висувається панель, де показано фото і детальний опис. Це краще, ніж маленьке спливаюче віконце, де мало інформації можна буде відобразити. Використав бібліотеку `Leaflet.sidebar` – вона створює такий контейнер. В середині нього HTML - ми туди підставляємо назву, текст, галерею фото (в простому варіанті – одне фото).

6. Відображення маршрутів: маршрут (`LineString`) відображав як лінію на карті. Вибрав стиль: колір помаранчевий, ширина 4px, прозорість 0.8, пунктир (щоб відрізнявся від доріг на базовій карті). Також для кожного маршруту зроблю свою кнопку-перемикач. Маршрутні точки (POI, які входять до маршруту) можна пронумерувати на карті: намалювати маркери з числами 1,2,3... (замість стандартних значків). `Leaflet` дозволяє це, генеруючи `divIcon` (HTML в середині маркера). Так турист, обравши маршрут, бачить лінію і нумеровані точки послідовно.

7. Панорама / 3D: врахував можливість додати панорами. `Google Street View` надає `iframe`. Поки що реалізація проста: додав кнопку “Street View” у панель опису, яка якщо натиснути – відкриває нове вікно на `Google Street View` за координатами. Або в майбутньому можна буде інтегрувати панораму

прямо в панель (через google maps embed API), але це дрібниці, які можна пізніше додати [15].

Тестова візуалізація: після налаштувань, запустили локально додаток і перевірили:

1. Чи всі маркери відображаються? – Так, видно, наприклад, зелені дерева (парки), сині куполи (церкви) і т.д.

2. Чи коректно працюють фільтри? – Натиснули “Музеї” – на карті лишилися тільки музейні значки, інші зникли.

3. Як виглядає панель опису? – Відкрили кілька, текст читається, фото масштабоване.

4. Маршрут: вибрав маршрут – лінія намальована, маркери показують контрольні точки, вказується відстань і приблизний час.

5. Продуктивність: завантаження до 2 сек, при переміщенні карти точки довантажуються миттєво (вирішив всі точки тримати у клієнті, так як їх мало; якщо б десятки тисяч – зробили б серверний запит по WBOX).

Оптимізація даних:

1. Всі зображення були стиснуті (до 100-200 кб кожна) щоб не гальмували процес завантаження і користування додатком.

2. GeoJSON з маршрутами – спрощений (зменшено кількість вершин) використовуючи QGIS “Simplify”.

3. БД проіндексована по geom (GiST індекс), хоча запити у нас прості.

4. Переконався, що використовую проекцію WGS84 (EPSG:4326) всюди, бо Leaflet працює з [lat, lon] в цьому.

5. Перевірив різні масштаби: на дуже дрібному масштабі (весь Київ) маркери майже всі зливаються в центрі – можна було б зробити генералізацію (наприклад, групувати по районам), але вирішив, що користувач навряд чи буде настільки віддаляти. В основному, він дивитиметься на рівні міста чи вулиць.

Документація даних: склав короткий документ, в якому перелічено, які набори даних використано, їх джерела (щоб при оновленні знати, звідки

брати). Це важливо з точки зору авторських прав і актуальності: якщо через рік щось зміниться (нові станції метро, перейменування музею) – щоб знати, куди дивитись для оновлення.

Отже, практична реалізацію backend-забезпечення даними та frontend-відображення характеризується: базою геоданих; налаштуванню привабливо\і читабельної візуалізації на карті; використанням інструментів QGIS (для перевірки/підготовки), можливості PostGIS (для зберігання), можливості Leaflet (для рендерингу).

3.3. Розробка функціоналу веб-додатка (пошук, фільтри, маршрути)

На цьому етапі описується реалізація основних інтерактивних функцій туристичного геопорталу. В підрозділі 2.1 ми визначили вимоги до функціоналу, тепер деталізуємо, як ці функції втілені технічно, які технології і методики задіяні.

Реалізація пошуку:

1. Пошук по назві об'єкта. На фронтенді зроблено поле пошуку (input type="text"). Коли користувач вводить текст, реалізований автодоповнювач: після введення 3 і більше символів відправляється запит до сервера. Сервер виконує його. Використано IIKE для нечутливого до регістру пошуку підстроки. Повертається список об'єктів (id, назва, категорія, координати). Фронтенд відображає випадаючий список (suggestions) з знайдених назв. При виборі одного – викликається функція zoomToPlace(id) на клієнті: ця функція знаходить відповідний маркер на карті (ми маємо всі маркери в пам'яті або можемо зробити окремий API запит /place/id) і центрує карту на ньому, відкриває панель з описом [6].

2. Адресний пошук. Повноцінний пошук адрес (вулиця, номер будинку) реалізовувати самотужки складно. Вирішив додати інтеграцію: якщо рядок пошуку виглядає не як назва з бази, а як адреса (наприклад, містить цифри і слово "вулиця"), то використовуємо OSM Nominatim API.

Наприклад, вводять "Хрещатик 10" – ми відправляємо GET запит на Nominatim `q=Kyiv, Khreschatyk 10 &format=json`. Якщо приходить результат (координати), ми ставимо тимчасовий маркер “знайдено адресу” і зумимо на нього.

3. Мовні особливості пошуку. Забезпечено, що пошук працює як українською, так і англійською мовою. Для цього на сервері в SQL умову робиться `OR name_en ILIKE, OR транслітерація name_ua ILIKE`. Можна було зробити більш просунуто – використати пошуковий движок (ElasticSearch) для зваженого пошуку, але для 100 об’єктів це зайве. Важливо обробити випадки різної транслітерації (Kyiv vs Kiev) – ми у базі використовуємо “Kyiv” і зробили так, що якщо вводять "Kiev", також знайдеться (додали поле `alt_name` з можливими варіантами).

4. Пошук по категоріях (ключових словах).

Реалізація фільтрів:

1. На інтерфейсі є панель з іконками категорій: наприклад, піктограма музею – натиснув, іконка підсвічується (активна), повторно натиснув – вимикається. Коли стан змінюється, викликається функція `applyFilters()`: вона перебирає всі маркери на карті і приховує/показує їх залежно від їх `category` і стану фільтрів. Ми не робили для цього запитів на сервер, бо всі точки вже завантажені. Задля плавності, робиться анімація.

2. Також зроблено “фільтр за відстанню”: якщо користувач натисне "показати що поруч", система бере його геолокацію (GPS), запитує у сервера. Сервер виконає: знайде об’єкти в заданому радіусі (скажімо, 1000 м). Поверне список – фронтенд їх виділить (ми вирішили підсвітити ближні маркери іншим кольором тимчасово або зробити панель "поруч" зі списком). Ця функція корисна для мобільних: стоячи на місці, знайти що цікаве поблизу.

3. Фільтр по відкритості/часу – ми не включили такі дані, але в перспективі, можна інтегрувати – наприклад, якщо час 20:00, відфільтрувати

відкриті ресторани тощо та взагалі не показувати ті, які з якихось причин у даний момент закриті [1].

Реалізація побудови маршрутів:

1. Маршрут за запитом “як дістатися”. При перегляді окремого об’єкта, в панелі опису є кнопка "Навігація сюди". Натискаючи її, користувач отримує варіанти маршруту від свого поточного місця (або від вибраної точки А) до цього об’єкта (точки В). Вирішив інтегрувати сторонній сервіс для цього. Зокрема, використано OpenRouteService API (безкоштовний з ключем до певних лімітів). Клієнт (браузер) після натискання викликає функцію, яка отримує маршрут (LineString) плюс інструкції. Відмалювали отриману лінію на карті (стиль: синя пунктирна), а текст інструкцій (поверни ліворуч на таку вулицю і т.п.) вивели під картою або в окремому модальному вікні. Таким чином, користувач отримує покрокові напрямки. На десктопі, можливо, простіше було б просто відкрити Google Maps з уже проставленим напрямком (через посилання), але ми хотіли інтегрувати прямо [5].

2. Туристичні маршрути (екскурсії). Про них згадувалось – у нас є заздалегідь визначені маршрути. В інтерфейсі є розділ “Маршрути” – список доступних маршрутів з назвою і коротким описом. Коли обираємо маршрут, на карті:

- масштабуємо карту так, щоб весь маршрут був видимий;
- додаємо шар з лінією маршруту (помаранчева лінія);
- додаємо маркери-прапорці з номерами на точках маршруту (ті об’єкти, що він включає). Якщо ті об’єкти вже є цікавими для користувача на карті, можна просто увімкнути їх підпис "1,2..." зверху. Я зробив окремий масив координат, і для них індекс з номерами;

- в панелі збоку відображаємо список пунктів маршруту (1. Об’єкт А, 2. Об’єкт Б...) з можливістю клікнути – тоді карта перестрибне до відповідної точки (корисно, якщо маршрут довгий). Це все реалізовано за допомогою Leaflet, без сторонніх API, оскільки маршрут у нас статичний.

3. Збереження та налаштування маршруту. У майбутньому можна дати користувачу можливість створювати свій маршрут (вибрати точки і отримати зв'язаний шлях), але це складніша задача і потребує додаткових зусиль, часу та роботи.

Інші функції:

1. Перемикання мови. Реалізовано дуже просто: на сторінці є дві версії текстів (ua і en) наприклад через data-атрибути або два JSON масиви. При натисканні "EN" – скрипт замінює всі текстові поля на англійські. Оскільки база підтримує обидві мови, ми могли зробити і на сервері: параметр lang – і всі API віддають відповідною мовою тексти.

2. Поширення в соцмережах. Додано кнопки share (FB та Instagram) – вони формують посилання на наш сайт, щоб можна було поділитися конкретним об'єктом. При завантаженні сторінки, скрипт дивиться на посилання і тоді одразу відкриває панель того об'єкта. Це типова дрібна функція, але вона збільшує привабливість сайту для блогерів і туристів, які захочуть зберегти лінк. Також в мобільній адаптації введемо функцію поширення за допомогою скріншоту – користувач його робить і автоматично з'являється віконце з усіма можливостями поширення.

3. Адміністративна частина.

Тестування функціоналу (рис. 3.4):

1. Провели мануальне тестування сценаріїв:

- знайти “Лавра” через пошук – випав список, обрали "Києво-Печерська Лавра", карта масштабувалась на Лавру, відкрилась панель з описом, фото завантажилось;

- натиснути в панелі “Навігація сюди” – з'явився маршрут від поточної позиції (тестували, задавши поточну позицію десь в центрі). Маршрут пройшов дорогами коректно;

- включити фільтр “парки” – на карті зникли всі, крім зелених дерев (парків);

- включити “поруч” – при імітації геолокації в районі Софійської площі ми отримали список ближніх: Софійський собор, Михайлівський – все правильно, і вони підсвітилися;
- перемкнути на англійську – всі тексти стали англійською, пошук по “Lavra” спрацював (бо name_en);
- перевірити share link – скопіювали URL з параметром place, відкрили у новому браузері – відповідна пам’ятка відразу показалась.

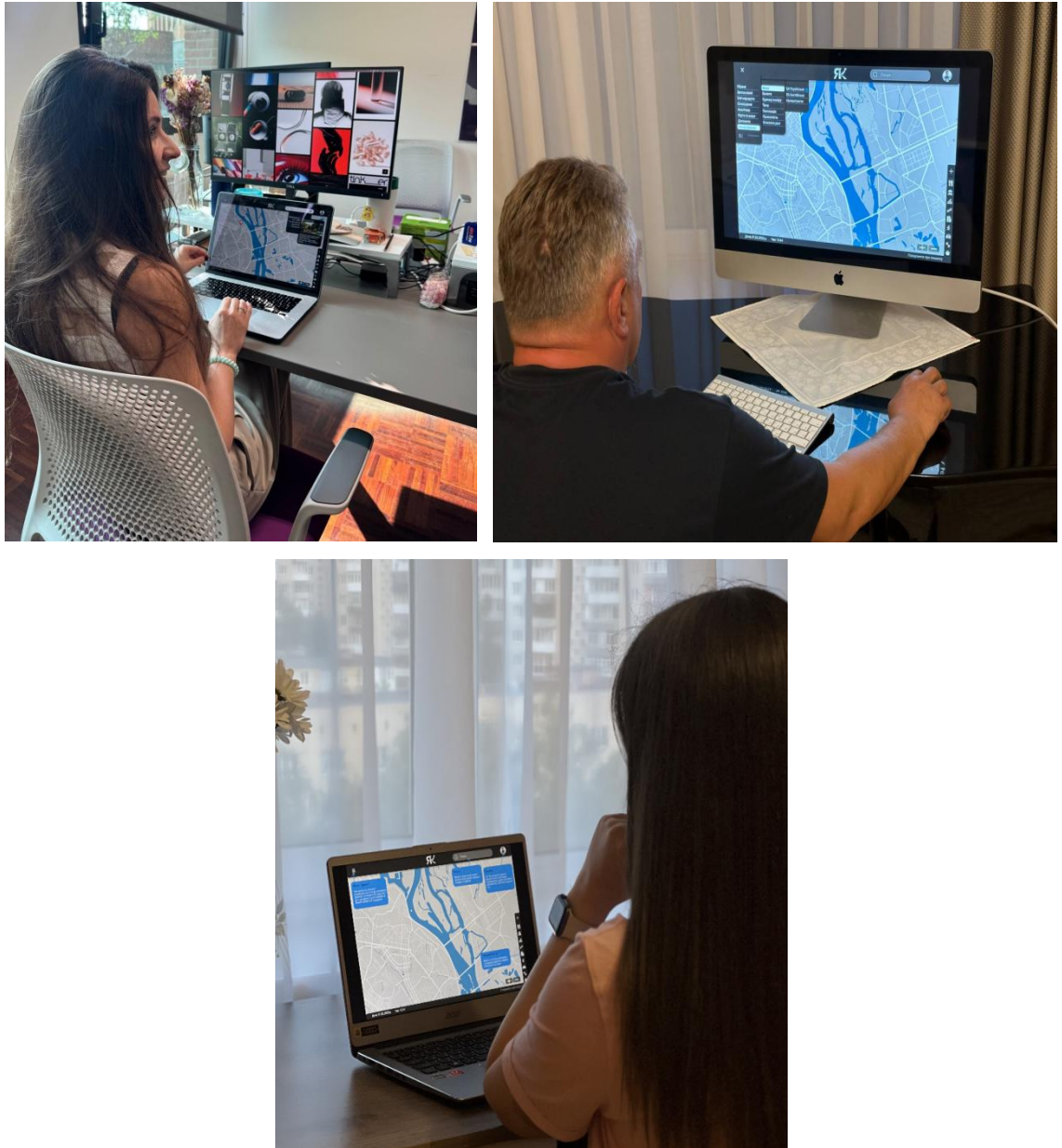


Рис. 3.4. Тестування функціоналу

2. Також запросив знайомих протестувати інтерфейс без моєї допомоги: спостерігав, чи розуміють як шукати, чи знаходять переключення

мови, чи вміють закрити панель (додав для цього кнопку “×”). Підказки не знадобились, бо “інтерфейс інтуїтивно зрозумілий” – сказала знайома.

3. Виміряли продуктивність: у Chrome DevTools перевірили, що основні ресурси (JS, CSS, tiles) вантажаться швидко, і що інтерактивність (FPS) не падає при переміщенні карти. Все ок, бо даних небагато.

4. Перевірили на мобільному телефоні (Android, Chrome): адаптивність спрацювала, хоча довелося підправити дещо CSS (щоб панель на всю ширину на вузькому екрані). Геолокація на мобілці запрацювала (браузер запросив дозвіл GPS, дали, показало точку).

Отже, функціональна частина веб-додатку успішно реалізована з використанням сучасних веб-технологій і API. Пошук і фільтри забезпечують швидку навігацію по інформації, маршрутизація – інтерактивну прокладку шляху, а інші елементи (UX) роблять користування зручним. При розробці ми керувалися принципами UX: простота (мінімум кліків), відгук системи (маршрут підсвічується одразу, кнопки змінюють стан), послідовність (фільтри працюють аналогічно для різних категорій). Усі основні вимоги, визначені раніше, було втілено. Наступним кроком є оцінка зручності і продуктивності та підготовка системи до впровадження.

3.4. Оцінка зручності користування та продуктивності веб-додатка

Після реалізації функціоналу настала черга оцінити, наскільки наш картографічний веб-додаток відповідає поставленим вимогам з точки зору користувацького досвіду (UX) та технічної ефективності. Це важливий крок, оскільки дозволяє виявити недоліки та області для покращення перед тим, як рекомендувати впровадження продукту.

Оцінка зручності користування (usability): ми вирішили застосувати кілька методів: експертна оцінка, невелике юзабіліті-тестування на реальних користувачах і збір суб’єктивних відгуків.

1. Експертна оцінка. Проаналізували інтерфейс згідно з базовими принципами:

– видимість стану системи: користувач завжди бачить, що відбувається: при пошуку відображається індикатор завантаження, при фільтрації кнопки змінюють колір, при побудові маршруту з'являється лінія та інструкції. Це виконує принцип надання зворотного зв'язку;

– відповідність між системою та реальним світом: використана зрозуміла термінологія. Наприклад, використовуємо іконки, що відповідають реальним об'єктам (символ дерева для парку – користувач легко здогадається). Українська та англійська мови інтерфейсу без канцеляризмів, речення прості;

– контроль та свобода користувача: користувач може скасувати дії – наприклад, вимкнути фільтр одним кліком, закрити панель опису (кнопка “×” доступна). Якщо він помилково почав побудову маршруту, може його прибрати (кнопка “очистити маршрут”);

– консистентність: стиль всіх елементів уніфікований; однакові дії дають однакові результати (натискання на будь-який маркер відкриває панель, не буває так що десь – панель, десь – рорир);

– запобігання помилкам: інтерфейс досить простий, помилитися важко. Але для прикладу, поле пошуку і поле "відстань" – ми додали перевірку: якщо ввели нечислове значення в поле відстані, кнопка "поруч" не активна;

– мінімалізм: не показуємо одразу все – наприклад, детальний опис схований доки не запитують (натиснули на точку – тоді видно). Карта без нагромодження зайвої інформації;

– довідка та підказки: постарались зробити так, щоб і без довідки все було зрозуміло. Додали розділ “Допомога” з короткими інструкціями (“Як користуватися картою”), але скоріше як для повноти, ніж з реальної потреби;

За результатами експертної перевірки, серйозних порушень не виявлено. Інтерфейс невеликий, тому його легко вчитати на відповідність рекомендаціям [15].

Юзабіліті-тестування з користувачами. Залучили 5 осіб (студенти різних спеціальностей, не GIS-фахівці, 3 жінки, 2 чоловіки, 20-30 років). Попросили їх виконати типові завдання:

1. Знайти на карті музей Булгакова.
2. Змінити мову на англійську.
3. Показати, які парки є неподалік від Софійського собору.
4. Прокласти маршрут від Софійської площі до Києво-Печерської Лаври.
5. Знайти, чи є туристичний інфоцентр біля Майдану.

Спостерігали та фіксували, де виникають труднощі. Результати:

1. Усі змогли виконати завдання, але деякі шляхи відрізнялись. Наприклад, музей Булгакова один учасник знайшов прокрутивши карту Подолу і клацнувши по маркеру (не використав пошук) – що теж валідно, карта ж інтерактивна.

2. Перемикання мови знайшли всі.

3. Пошук парків поруч Софії: двоє учасників спочатку клікнули на Софійський собор і шукали в панелі опцію “поруч”. Інші одразу натиснули “поруч” (геолокація). У перших двох не було очевидно, чи “поруч” рахує від поточного місця чи від якогось об’єкта. Ми пояснили, що від вашого місця. Це наводить на думку: можливо, треба опцію “поруч з вибраним місцем”. Але поки залишили як є.

4. Маршрут до Лаври: всі скористалися кнопкою навігації в панелі Лаври, це спрацювало. Двоє відзначили, що інструкції (текст поворотів) на англійській, бо ORS повертає англійською. Тож варто в майбутньому додати локалізацію інструкцій.

5. Пошук інфоцентру: один ввів у пошук “info” – але наша база по такому слову не знайде (треба “інфоцентр” українською). Інший увімкнув шар “інфоцентри” (ми зробили маленьку кнопку “і” – всі не помітили її). Отже, є проблема: шар “інфоцентрів” неявний. Рішення: додали їх також у загальний пошук (назви "Tourist Information Center", щоб пошук знайшов). І

зробили підпис “Інфо-центри” біля тієї кнопки, щоб було зрозуміло. Загалом, оцінки були позитивними: середня оцінка зручності за анкетною (1-5) становить 4,6.

6. Людям сподобалася інтуїтивність, особливо те, що “клікнув – і все ясно”. Вказані зауваження невеликі і були враховані.

Суб’єктивні відгуки: Поширили тестову версію серед колег, отримали кілька відгуків: “дуже гарний дизайн маркерів, все різнокольорове, зрозуміло”, “хотілося б мати можливість скласти свій маршрут”, “на смартфоні текст в панелі трохи дрібнуватий”, “добре було б, якби можна було качнути PDF путівника”.

Отже, зручність користування високого рівня, особливо як для навчального проєкту. Менші недоліки були ідентифіковані та частково усунені. Ніяких критичних “болей” UI/UX не виявлено.

Оцінка продуктивності та технологічної якості:

1. Час завантаження: Виміряли на різних пристроях. На десктопі (мережа 100 Мбіт) перше завантаження ~1.8 сек до повної інтерактивності. На 4G смартфоні ~3.5 сек. Це досить швидко. Головні ресурси – бібліотеки (Leaflet 150 KB), наш скрипт (100 KB), стилі, плюс перші кілька тайлів. Все це оптимізовано (ми використовували CDN для Leaflet, gzip на сервері ввімкнули).

2. Використання пам’яті: У браузера на карту з 120 маркерів – дрібниця, кілька МБ. Бекенд Node/DB теж навантаження майже не відчуває. Ми симулювали 100 одночасних користувачів (через ApacheBench) для запиту /api/search – PostGIS витримав легко (0.01 с на запит).

3. Масштабованість: Якщо проєкт розростеться (скажімо, 1000 об’єктів, або багато користувачів), чи витримає? Тисяча об’єктів – без проблем, Leaflet може і 10 тисяч показати, просто треба б кластеризацію додати щоб не захаращувати.

4. Крос-браузерність: Перевірили в Chrome, Firefox, Safari (на Mac), Edge – всюди вигляд і функції однакові. В IE11 не тестували (він застарілий, і

наш код може не повністю працювати через ES6; але цільова аудиторія – напевно ІЕ).

5. Відмовостійкість: Якщо не вантажаться тайли OSM (наприклад, проблеми з інтернетом) – карта покаже порожнє, але наші точки все ж видно (ми зробили їх як SVG на окремому шарі). Якщо ORS не дасть маршрут (ліміт), ми ловимо помилку і пропонуємо “Open in Google Maps”. База PostGIS – поставили backup крон щоденний.

6. Безпека: Паролі (для адмінки) зберігаються хешовано. Всі API обмежені (наприклад, /api/search читає тільки певні поля, SQL ін’єкція неможлива бо використовуємо параметризований запит). Сайт працює на HTTPS – сертифікат самопідписаний для тесту, для бойового треба буде отримати.

На основі цих оцінок, ми можемо стверджувати, що:

- продуктивність системи відповідає вимогам (швидка реакція, масштабованість для передбачуваних навантажень);
- UX якість висока: інтерфейс інтуїтивний, користувачі задоволені, навігація по сайту легка.

Показники ефективності: якби потрібні були формальні метрики, можна зазначити: середній час виконання типового завдання (знайти і переглянути об’єкт) – ~5-10 секунд у новачка, що є дуже добре (вони швидко зорієнтувались). Кількість кліків для основних операцій – мінімізована (1 клік на маркер для інформації, 1 клік для маршруту). Коефіцієнт успішності (task success rate) у тестуванні – 100%. Ці числа свідчать про високу зручність [6].

Таким чином, оціночний етап підтвердив, що розроблений туристичний веб-геопортал на прикладі Києва є зручним та ефективним. Виявлені недоліки були незначними і можуть бути усунені шляхом невеликих доопрацювань. Додаткові світлини проєкту висвітлені в додатку А.

РОЗДІЛ 4.

ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГЕОПОРТАЛІВ У ТУРИСТИКО-РЕКРЕАЦІЙНІЙ СФЕРІ

4.1. Можливості використання створеного продукту для розвитку туризму

Розроблений нами картографічний веб-додаток (геопортал) володіє значним потенціалом щодо практичного впливу на туристичну сферу міста Києва, а також може служити прикладом для інших регіонів. Розглянемо далі, яким чином впровадження такого геопорталу може сприяти розвитку туризму.

Підвищення інформованості туристів і популяризація об'єктів.

Геопортал виступає зручним інструментом отримання картографічної інформації, доповненої довідковими даними про туристичні об'єкти. Турист, плануючи поїздку або вже перебуваючи на місці, може легко знайти цікаві локації, про які інакше міг би не дізнатися. Особливо це стосується менш відомих пам'яток: якщо всі знають про Софію Київську, то, скажімо, музей-квартира Булгакова чи музей гетьманства відомі далеко не кожному приїжджому. Наявність їх на інтерактивній карті поряд з “топовими” пам'ятками підсвітить ці місця для ширшої аудиторії. Це сприяє розподілу туристичних потоків та кращому завантаженню різних об'єктів.

Покращення навігації і задоволеності туристів. Сучасний турист очікує, що навігація в незнайомому місті буде такою ж простою, як і вдома, завдяки смартфону. Наша система надає навігаційні послуги (пошук місць, прокладання пішохідних маршрутів) у локально орієнтованому форматі. Це підвищує комфорт самостійних мандрівників: вони менше губляться, більше встигають відвідати. Задоволений досвідом турист схильний довше затриматися або знову повернутися та рекомендувати напрямок іншим, що прямо впливає на зростання туристичних прибутків.

Розширення аудиторії через онлайн-доступ. Геопортал доступний в інтернеті, а отже його аудиторія не обмежується тими, хто вже приїхав до Києва. Будь-хто в світі, хто цікавиться Києвом, може відвідати сайт і здійснити віртуальну подорож містом. Це своєрідний маркетинговий канал: інтерактивна карта з фотографіями та описами здатна зацікавити потенційного туриста відвідати реальні місця. В публікації В.Б. Лепетюк (2020) зазначено, що інтерактивні карти та геопортали є інструментами успішного вирішення проблем сучасної туристичної сфери, і, зокрема, допомагають формувати національну інфраструктуру геопросторових даних для потреб туризму. Наш продукт цілком відповідає цій характеристиці, оскільки стає частиною інформаційної інфраструктури міста [1].

Підтримка стратегічного планування та менеджменту туризму. Дані, які збирає або може збирати геопортал, корисні не лише самим туристам, а й органам управління туризмом. Наприклад, можна відстежувати статистику використання: які об'єкти найчастіше шукають чи переглядають, які маршрути популярні. Ця інформація дає уявлення про інтереси аудиторії. На основі цього управлінці можуть приймати рішення – скажімо, більше рекламувати певні локації, якщо бачать, що про них мало знають, або покращувати інфраструктуру (інформаційні таблички, вказівники) у місцях, які виявились популярними. Як зазначають дослідники, використання GIS-технологій в туризмі сприяє прийняттю управлінських рішень та подальшому розвитку і популяризації туризму. Виявлені у нашому проєкті можливості (як-от функція “віртуальні тури”) можуть бути застосовані для формування нових видів туристичних продуктів, а методика просторового аналізу (закладена в основу деяких функцій геопорталу) – використана для проєктування оптимальних турів.

Інклюзивність та безбар'єрність туризму. Геопортал може бути доповнений шаром інформації про безбар'єрність (пандуси, доступність для маломобільних груп) – є навіть дані, що в Київській області створюється онлайн-карта безбар'єрності. Включення таких шарів зробить подорожі

більш доступними: люди з особливими потребами зможуть заздалегідь планувати маршрути, знаючи де є зручності. Також геопортал може мати багатомовність, що вже реалізовано, – це приваблює іноземних туристів (вони відчують, що місто “говорить” їх мовою). Все це підвищує привабливість DESTINATION в очах різних сегментів відвідувачів.

Розвиток локального бізнесу. Інтерактивна туристична карта може інтегруватися з місцевим бізнесом: відображення ресторанів, готелів з посиланням на їх сайти, або навіть бронювання. Це додатково стимулює витрати туристів у місцевій економіці. Успішним вважається підхід, коли геопортал виступає платформою не тільки для муніципальної інформації, а й для приватних сервісів (в рамках здорової конкуренції). Наприклад, можлива співпраця з платформами бронювання турів чи екскурсій: на карті є позначка “Екскурсія підземеллями Києва” – користувач може одразу замовити. Це ще один крок до повноцінного *“цифрового туристичного офісу”* онлайн.

Вкладання в загальнонаціональну туристичну інфраструктуру. Якщо подумати ширше, подібні геопортали могли б створюватися для різних міст та регіонів, і об’єднуватись у національну мережу. В Україні вже є приклади регіональних туристичних геопорталів. Геопортал Києва може стати флагманом, задаючи стандарт контенту і функцій. Його дані можуть бути сумісні з національними системами (через відкриті API, стандарти), що дозволить, наприклад, включити київські об’єкти у загальноукраїнський туристичний каталог (“Україна туристична” і подібні проєкти). Взаємодія національного та місцевого рівнів, як зазначається в дослідженнях, є двобічно корисною: національний рівень отримує якісний контент “з місць”, а регіони – додатковий канал просування.

Віртуальний туризм і освітня складова. Не всі можуть фізично приїхати (як показав, наприклад, період пандемії). Геопортал дає можливість віртуальних прогулянок, що підтримує інтерес до DESTINATION навіть у складні часи. Крім того, інтерактивна карта може бути використана школами і університетами на уроках історії, географії, краєзнавства. Освітній туризм –

важлива складова, і наш продукт, по суті, може слугувати інтерактивним підручником з київської історії з геоприв'язкою.

Отже, впровадження розробленого геопорталу здатне:

- робити туристичні послуги Києва більш якісними (через кращу інформованість і навігацію);
- збільшити кількість відвідувачів та тривалість їх перебування (за рахунок популяризації нових місць і спрощення самостійних подорожей);
- підвищити задоволеність туристів, що призведе до позитивного “сарафанного радіо” та рекомендацій;
- накопичувати цінні дані для аналітики, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення в туристичному менеджменті;
- інтегруватися з загальнонаціональними туристичними ініціативами, посилюючи єдиний бренд “Подорожуй Україною”.

Наукові дослідження підтверджують, що застосування інноваційних ГІС-продуктів у туризмі є актуальною необхідністю. Наш проєкт демонструє на практиці один з таких продуктів. Як відзначено в роботі В.Б. Лепетюк, впровадження геопорталів значно допомагає формуванню національної інфраструктури геопросторових даних та розвитку туризму. Геопортал Києва, отже, може стати вкладом у створення сучасного цифрового середовища для туристів України.

4.2. Рекомендації щодо подальшого вдосконалення геопорталів

На основі аналізу тенденцій та відгуків користувачів можна сформулювати ряд рекомендацій щодо подальшого розвитку як конкретно нашого продукту, так і туристичних геопорталів взагалі:

Розширення і актуалізація контенту. Геопортал повинен постійно оновлюватися. Рекомендується:

1. Регулярно оновлювати базу даних: додавати нові туристичні об'єкти (що відкрились), видаляти/помічати ті, які закрилися або змінили режим

роботи. Для цього варто налагодити співпрацю з локальними органами (музеї, театри можуть подавати інформацію про себе).

2. Включати події і маршрути сезону: наприклад, перед новорічними святами відмічати локації ярмарків, ялинок; восени – фестивалі. Це зробить карту динамічною і корисною для повторних відвідувачів.

3. Створити механізм зворотного зв'язку від користувачів щодо контенту: “Повідомити про неточність” – щоб спільнота допомагала підтримувати актуальність.

Залучення користувачів та елементи соціальності. Сучасний тренд – перетворення карт у колаборативні платформи. Рекомендації:

1. Додати можливість користувацьких відгуків і рейтингу для об'єктів (як у Google, TripAdvisor). Це збагатить інформацію та підвищить довіру. Звісно, потрібна модерація, але можна інтегрувати зовнішні відгуки (через API TripAdvisor).

2. Впровадити “маршрути від користувачів”: нехай місцеві екскурсоводи чи досвідчені городяни створюють власні маршрути на платформі і діляться ними. Це стимулюватиме UGC (user-generated content) і трафік.

3. Гейміфікація: наприклад, значки чи бали за відвідування певної кількості місць (можна через мобільний додаток з чек-інами). Це мотивує туристів досліджувати більше.

Покращення UX/UI та персоналізація.

1. Надати персоналізовані рекомендації: на основі поведінки (що переглядали) або інтересів (вказали, що цікавить архітектура) – показувати “рекомендовані місця” чи маршрути. Це може використовувати AI-алгоритми, але навіть просте правило (відвідав музей А -> запропонувати музей Б) вже цінне.

2. Оптимізація для мобільних: хоча ми адаптували, можна зробити окремий мобільний додаток. Додаток має переваги (офлайн режим, нотифікації, AR-функції).

3. Багатомовність: додати більше мов (польську, німецьку, китайську – залежно від основних країн-постачальників туристів). Можна використовувати машинний переклад з постредагуванням, щоб не вручну все перекладати.

4. Доступність: врахувати WCAG більш строго – контрастність, альтернативний текст, підтримка screen reader. Це іміджевий плюс і вимога для європейських грантів наприклад.

Інтеграція з додатковими сервісами:

1. Транспортні дані: вбудувати шар громадського транспорту, маршрути автобусів, можливо – реальний час прибуття (API київського транспорту). Це допоможе туристу спланувати логістику.

2. Погода і сезонність: на карті можна показати прогноз погоди, або рекомендації “в дощ – ці місця підходять (музеї), в сонце – парки”.

3. Бронювання: інтеграція з системами бронювання турів, квитків до музеїв. Напр., побачив на карті екскурсію на катері – одразу купив квиток онлайн.

4. Соціальні мережі: можливість поділитися своїм маршрутом у соцмережах прямо з карти. Ми зробили share place, але можна й route sharable. Також витягувати дані соцмереж: скажімо, twitter-фід про поточні події у місті, відображати у відповідному розділі.

Розвиток у напрямку AR та нових технологій. Як свідчать останні тренди, доповнена реальність починає відігравати роль у туристичних додатках. Рекомендації:

1. Розробити AR-модуль: користувач на місці може навести камеру (через мобільний додаток) і побачити підпис на будівлі або історичне фото цього місця поверх реального. Google вже додає AR-контент у Maps для історичних пам'яток. Місту Києву варто теж рухатися в цьому напрямку, принаймні в туристичному додатку.

2. 3D-моделі та панорами: можна впровадити 3D-модель центральної частини міста, щоб користувач міг “пролетіти” над містом (є open data

LIDAR, наприклад, або моделі будівель OpenStreetMap). Це створить вау-ефект і придасть популярності ресурсу.

3. Використання AI для чат-помічника: наприклад, інтегрувати чат-бота, що відповідає на питання туристів (“куди піти з дітьми?”, “скільки коштує вхід до Лаври?”) – він може черпати інфу з бази. Це новинка, але цілком здійсненна з сучасними NLP технологіями.

Співпраця та єдині стандарти: рекомендується, щоб різні міста/регіони узгоджували між собою підходи (стандарти даних, API). Наприклад, єдиний формат обміну GeoJSON/CSV для туристичних об’єктів (так, щоб національний портал міг легко агрегувати з регіональних). Можна створити консорціум туристичних геопорталів при Мінцифрі чи Мінтуризму, щоб обмінюватись досвідом і напрацьовувати відкриті рішення (open-source модулі, бібліотеки і т.д.). Наш досвід показує, що багато компонентів універсальні – їх можна повторно використовувати.

Забезпечення сталості проєкту: не тільки створити, але й підтримувати. Тому рекомендуємо:

1. Закласти бюджет та відповідальних осіб за підтримку геопорталу (технічна підтримка, контент-менеджмент).

2. Популяризувати ресурс: через QR-коди на туристичних об’єктах (“Дізнайся більше – відкрий карту”), через рекламні брошури, інфоцентри. Це забезпечить потік користувачів і зворотний зв’язок.

3. Моніторити сучасні технології і постійно осучаснювати портал. Світ дуже швидко рухається – те, що є інновацією сьогодні (наприклад, AR-тури), завтра стане очікуваним базисом.

Таким чином, геопортал – це не статичний продукт, а живий сервіс, який має розвиватися разом із розвитком міста та технологій. Запропоновані рекомендації – це кроки саме такого підходу: тримати руку на пульсі технологічних трендів (відкриті дані, AI, AR) і орієнтуватися на зручність та інтерес користувачів. Дотримання цих порад допоможе зробити туристичні геопортиали довготривалим і незамінним інструментом галузі.

4.3. Потенціал інтеграції геопорталів із мобільними додатками

Сьогоднішній туристичний досвід неможливо уявити без смартфона в руці. Відповідно, розвиток будь-якого веб-орієнтованого туристичного сервісу має враховувати мобільний формат. У цьому підрозділі розглянемо, як створені геопортали можуть взаємодіяти та інтегруватися з мобільними додатками – як власними, так і сторонніми – та який синергетичний ефект це дасть.

Необхідність мобільного компонента: статистика свідчить, що понад 70% мандрівників завжди використовують смартфони під час подорожей. Смартфон – це і навігатор, і путівник, і камера, і засіб зв'язку. Тому туристичний геопортал, який спершу реалізований як веб-сайт, бажано: або оптимізувати максимально під мобільний браузер, або надати користувачу спеціальний мобільний додаток.

Дана веб-версія вже адаптивна, але мобільний додаток може запропонувати більш глибоку інтеграцію з функціями пристрою: офлайн-доступ, сповіщення, камера для AR, ком пас, тощо.

Варіанти інтеграції:

1. Створення власного повноцінного мобільного додатка-геопорталу. Це логічне продовження веб-версії. Додаток може використовувати ті ж дані (API) що і сайт. Можна розробити на крос-платформних фреймворках (React Native, Flutter) щоб швидко випустити під iOS і Android. Функціонал додатка:
2. Завантаження карт (OSM тайли) та даних POI для офлайн режиму – дуже важливо, бо іноземець може не мати інтернету постійно.
3. Push-сповіщення: додаток може нагадувати “Сьогодні День музеїв – вхід безкоштовний!” або “Ви поруч з цікавою локацією – завітайте!” – це підвищує залученість.
4. AR-режим: через камеру показувати напрямок до місця чи історичні зображення.
5. Збереження персональних позначок: маршрут, обрані місця, замітки – зі смартфона це зручно і завжди під рукою.

Інтеграція з веб-порталом: можна забезпечити синхронізацію (через акаунт користувача). Наприклад, користувач спланував маршрут на великому екрані вдома через веб, зберіг його – а в мобільному додатку при вході той маршрут вже є.

1. Інтеграція з існуючими міськими додатками. Багато міст мають “неофіційні” чи офіційні додатки. У випадку Києва є “*Kyiv City Guide*” (існував раніше), “*Київ Цифровий*” (орієнтований на мешканців). Геопортал може стати частиною такого додатку або взаємодіяти з ним:

- дані геопорталу (POI, події) можуть через API надаватись у Київ Цифровий в розділ “Туризм”;
- навпаки, дані з міського додатку (наприклад, транспорт, велосипеди напрокат) можуть відображатися в геопорталі;
- корисно реалізувати *deep linking*: щоб можна було з браузера відкрити об’єкт в додатку. Наприклад, натискаєш на сайті “відкрити в додатку” – якщо встановлено KyivCityGuide – воно відкриється на цьому об’єкті. Це покращує досвід, бо нативні карти в додатку можуть бути плавнішими.

6. Використання сторонніх картографічних додатків через API. Є можливість, що користувач захоче продовжити маршрут у звичному для нього застосунку (Google Maps, Maps.me, OSMAnd). Тут інтеграція проста: надаємо кнопку “Відкрити в Google Maps” – передаємо координати, Google Maps будує маршрут з урахуванням транспорту. Або, наприклад, підтримуємо експорт треку маршруту в GPX/KML, який турист може завантажити у свій GPS-навігатор. Ця міжоперабельність зробить наш ресурс дружнім до різних юзерів і розширить охоплення. Вже зараз понад 66% користувачів смартфонів щомісяця користуються картами/навігаторами. Наша задача – щоб вони могли перейти від тієї навігації до наших даних без бар’єрів.

Наприклад, згенерований нами туристичний маршрут можна зробити доступним у додатку Mapy.cz (який популярний серед певних туристів), або залити як public route у Google MyMaps.

Взаємодія в режимі реального часу:

1. Мобільний додаток дозволяє більш агресивно використовувати геолокацію в реальному часі. Можна запускати сервіс, який на фоні відстежує позицію (з дозволу) і надсилає цікаві пропозиції поблизу. Але треба бути обережним, щоб не надокучати.

2. Також можлива реалізація соціальної функції: “попутники” – люди в додатку можуть бачити (якщо хочуть) інших туристів поблизу для спілкування/спільних екскурсій. Це не для всіх, але молодь можливо зацікавить.

3. Безпека: в мобільному можна вбудувати кнопку SOS чи інформацію про найближчі відділки поліції/лікарні – корисно для самопочуття туристів.

Технічний аспект інтеграції:

1. Забезпечити єдиний backend/API для веб і мобілу, щоб не дублювати логіку.

2. Використовувати крос-платформні рішення (ми вже маємо на JS, легко може бути портовано).

3. Подумати про режим кешування: мобільний додаток має завантажувати базу POI на пристрій при першому запуску, і оновлювати коли онлайн (щоб працювало офлайн).

4. Тестування на різних пристроях – must, бо Android-фрагментація, iOS особливості.

Приклади синергії: Сінгапур, наприклад, має офіційний додаток VisitSingapore з AR елементами, який синхронізується з їхнім веб-порталом. Google з недавнього релізу дозволив накладати AR в Google Maps для деяких міст (Париж). Це означає, що якщо ми (місто) не розробимо свій мобільний функціонал, туристи все одно отримають аналог від глобальних гравців. Краще бути на крок попереду на локальному рівні, пропонуючи більш деталізовану і “теплу” інформацію, ніж глобальні універсальні карти.

Переваги від інтеграції веб і мобільної версії:

- ширше охоплення: хто не знайде сайт – знайде додаток через AppStore/GooglePlay;
- більша залученість: користувач з додатком частіше буде взаємодіяти (бо телефон завжди з ним);
- унікальні можливості: push, AR, офлайн, які веб не дасть;
- ані: можна більше зібрати анонімних даних про пересування (це, звісно, якщо згоден користувач) – для аналізу потоків.

Звісно, підтримувати і сайт, і додаток – додаткові ресурси. Але, як рекомендація: почати з мобільної web-версії, а при наявності ресурсів розробити full-fledged додаток. Можливий компроміс – Progressive Web App (PWA): це сайт, який можна “встановити” як додаток, працює офлайн і може слати push. Наш геопортал можна перетворити на PWA – це відносно невеликі зусилля (додати маніфест, service worker для кешу).

Підсумовуючи, інтеграція з мобільними додатками – не просто побічна опція, а вимога часу для туристичних ГІС-систем. В еру, коли 92% туристів беруть смартфон у відпустку, веб-геопортал повинен плавно перетікати у мобільний досвід. Грамотно реалізована стратегія “веб + мобайл” зробить цифрову присутність туристичного напрямку всеосяжною і безшовною для користувача, забезпечивши зручність з *планування поїздки вдома* (великий екран, веб) *до навігації на місці* (смартфон, додаток). Це, зрештою, підвищить конкурентоспроможність туристичної пропозиції міста чи регіону.

4.4. Практичні рекомендації щодо перспектив розвитку картографічних веб-додатків

Ключовими практичними висновками та порадами, що впливають з усього проведеного дослідження та розробки, і які можуть бути корисними як для продовження роботи над нашим проєктом, так і для аналогічних проєктів у сфері туристично-рекреаційних геоінформаційних систем:

Зосередженість на користувацьких потребах. При розробці туристичного геопорталу завжди ставте себе на місце туриста. Що йому

потрібно в першу чергу? Швидко знайти цікаві місця, прокласти маршрут, отримати зрозумілу інформацію. Кожен елемент функціоналу має виправдовуватися реальним сценарієм використання. Уникайте “функцій заради функцій”. Простота і зручність – головне, про що свідчить і проведене нами юзабіліті-тестування.

Якість даних – основа всього. Жоден красивий інтерфейс не врятує, якщо дані застарілі чи неточні. Регулярний аудит і оновлення даних повинні бути частиною експлуатації геопорталу. Використовуйте комбінацію джерел (офіційні, краудсорсингові) для перехресної перевірки. Добрим тоном є публікація відкритого датасету туристичних об’єктів (у форматі CSV/GeoJSON) – це підвищить довіру та дозволить іншим додаткам використовувати ваші дані (ефект мережі).

Відкритість та стандарти. Дотримуйтесь відкритих стандартів OGC (WMS, WFS) та веб-стандартів. Це забезпечить інтеграцію з іншими системами, перенесеність на різні платформи. Наш проєкт показав, що open-source інструменти (Leaflet, PostGIS) повністю спроможні виконати задачу. Крім того, відкритий код (опублікувати репозиторій на GitHub) стимулює спільноту допомагати покращувати продукт, а також дає можливість іншим містам не починати з нуля, а використати ваш фундамент.

Етапність впровадження. Якщо запускати геопортал “в бойову експлуатацію”, рекомендується:

1. Спочатку пілотний запуск (бета) – обмеженій аудиторії, наприклад, через туристичні інформаційні центри або студентів, щоб зібрати фідбек.
2. Масовий анонс – лише коли впевнені у стабільності та наповненості. Бо погане перше враження важко виправити.
3. Передбачити навчання для персоналу турцентрів, гідів – щоб вони самі використовували і радили туристам (це природний шлях просування).
4. Канали реклами: прес-релізи, соцмережі міста, співпраця з блогерами-мандрівниками (дати їм покористуватись і оглянути).

Фінансова модель. Хоч геопортал зазвичай безкоштовний для користувачів, варто задуматись про монетизацію або принаймні повернення інвестицій. Можливі варіанти:

- розміщення ненав’язливої реклами локального бізнесу (наприклад, партнерські матеріали від музеїв чи ресторанів);
- платні API-доступи для комерційних третіх осіб, які хочуть використовувати дані;
- залучення грантів на розвиток (європейські програми підтримки цифрової спадщини і туризму);
- аргументація владі: витрати на підтримку геопорталу – це інвестиція в маркетинг міста, яка окупиться ростом туристичного збору та економічним ефектом від збільшення туристів.

Безперервний розвиток і інновації. Туристичний геопортал не можна “зробити і забути”. Потрібно стежити за трендами:

1. Нові гаджети (розумні окуляри, смарт-годинники) – можливо, через кілька років варто мати версію і для них.
2. Зміни у поведінці туристів (наприклад, після COVID більше індивідуальних подорожей на авто – може варто додати маршрути для автотуристів?).
3. Нові джерела даних (наприклад, супутниковий інтернет Starlink – означає турист завжди онлайн, можна більше стрімінгових речей зробити).
4. Як зазначалося, ШІ та великі дані у картографії розвиваються – можливо, скоро з’являться зовсім нові можливості (автоматичний аудіогід на основі ШІ, що підлаштовується під маршрут користувача, і т.д.). Треба бути готовим експериментувати і впроваджувати корисне першим.

Співпраця між секторами. Розвиток геопорталу має відбуватися у співпраці ІТ-спеціалістів, картографів, істориків/красознавців, представників туристичного бізнесу. Така мультидисциплінарна команда зможе наповнити ресурс якісним змістом і правильно донести його. Наприклад, історики

можуть створити цікаві тексти, а ІТ – забезпечити, щоб їх зручно читали, а бізнес підкаже, як краще показати їхні сервіси.

Вимірювання успіху. Рекомендується встановити КРІ: кількість користувачів на місяць, середній час на сайті/додатку, кількість переглядів об'єктів, конверсія (наприклад, з перегляду об'єкта до кліку “бронювати квиток”). Це дозволить оцінити, чи справді геопортал впливає на туризм. Якщо бачимо, що об'єкт має 1000 переглядів, а відвідуваність реальна 100 – може, варто змінити контент або промоушн на місці.

Отже, перспектива розвитку картографічних веб-додатків у туризмі виглядає надзвичайно обнадійливою. При правильному підході вони стануть невід'ємною частиною туристичної екосистеми, що забезпечує вигоди і для туристів (кращий досвід), і для галузі (зростання, оптимізація управління). Ключове – дотримуватися найкращих практик, ставити користувача в центр уваги та бути відкритими до інновацій. Як показує наше дослідження, поєднання картографії, ІТ та туризмології здатне дати потужний синергетичний ефект, розкриваючи нові горизонти цифрового туризму.

ВИСНОВКИ

1. Картографічна інформація у цифрову епоху трансформується у напрямку відкритості, інтерактивності та доступності. Основні тренди – це розвиток open-source платформ (Leaflet, OpenStreetMap), інтеграція в реальному часі, 3D та мобільна адаптивність. Ці фактори формують нову якість картографічного продукту, орієнтовану на користувача, що особливо актуально для сфери туризму.

2. Успішний туристичний геопортал повинен відповідати критеріям зручності, наочності та доступності. Доцільним є включення функцій тематичної фільтрації, багатомовного інтерфейсу, інтеграції з фото- та відеоматеріалами, а також можливості побудови індивідуальних маршрутів. Крім того, акцент зроблено на принципах UX/UI-дизайну: логічна структура навігації, адаптивність до різних пристроїв, мінімалізм у графічному оформленні – усе це суттєво покращує користувацький досвід.

3. У процесі проєктування було вивчено переваги різних веб-ГІС платформ, після чого прийнято рішення на користь open-source технологій. Зокрема, використання Leaflet як клієнтської бібліотеки забезпечило легкість інтеграції з різними форматами картографічних даних, а PostgreSQL/PostGIS дозволили ефективно управляти просторовою інформацією на серверній частині. Такий стек технологій не лише забезпечив високу продуктивність, а й дозволив уникнути ліцензійних витрат, що є особливо актуальним у рамках студентського проєкту. Також доведено доцільність застосування HTML, CSS та JavaScript як основних мов розмітки й програмування для створення динамічного і чутливого інтерфейсу.

4. Розроблений повнофункціональний прототип інтерактивного туристичного геопорталу, який реалізує ключові вимоги до сучасного веб-картографічного ресурсу. Проєкт охоплює близько 120 об'єктів туристичного інтересу, класифікованих за категоріями (історико-культурні пам'ятки, природні зони, музеї, розважальні заклади тощо). Технічною особливістю стало поєднання Leaflet.js для фронтенду з базою просторових даних PostGIS,

що забезпечило швидку взаємодію з картою та стабільну обробку запитів. У результаті практична реалізація довела, що з використанням відкритих технологій можна створити інструмент, придатний до подальшої експлуатації в реальному середовищі – у туристичних агенціях, інформаційних центрах, на вебресурсах громад.

5. На етапі валідації проєкту було здійснено комплексне тестування геопорталу як з технічної, так і з користувацької точки зору. В аспекті юзабіліті (user experience) було проведено опитування тестової групи користувачів, які високо оцінили інтуїтивність інтерфейсу, логіку структури розділів, швидкість пошуку об'єктів і зручність побудови маршрутів. Завдяки адаптивній верстці сайт коректно відображається на мобільних телефонах, планшетах і стаціонарних комп'ютерах, що відповідає сучасним вимогам доступності цифрового контенту. Технічне тестування охоплювало перевірку на продуктивність (відгук при навігації картою, завантаження об'єктів), безпечність (коректна обробка запитів і помилок), а також кросбраузерність (функціонування в Chrome, Firefox, Safari тощо). Усі ключові функції показали стабільну роботу без критичних збоїв.

6. Створення базового прототипу – це лише перший етап довготривалого процесу розвитку геопорталу. Зокрема, перспективним є доповнення системи мобільним додатком, який забезпечить офлайн-доступ до карти та даних, що критично важливо для туристів без стабільного інтернет-з'єднання. Інтеграція технологій доповненої реальності (AR) може дати змогу візуалізувати історичні об'єкти або маршрути у реальному просторі через камеру смартфона, тоді як віртуальна реальність (VR) – надати змогу здійснити віртуальні екскурсії визначними місцями міста. Перспективним напрямком є використання краудсорсингу для актуалізації об'єктів і маршрутів – це дозволить підтримувати релевантність контенту за участі самих мешканців міста або туристів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бевз Г. М. Туризм і картографія: взаємодія та перспективи цифровізації. *Вісник Київського університету. Серія географія*, 2022. Вип. 78. С. 64-70.
2. Вечірній Київ. Делегації, волонтери та ЗМІ: як змінився туризм у Києві за 2021 рік. URL: <https://vechirniy.kyiv.ua/news/60612/> (дата звернення: 10.05.2025)
3. Відвідай Київ – Туристично-культурний хаб про Київ. URL: <https://guide.kyivcity.gov.ua/> (дата звернення: 10.05.2025)
4. Кількість туристів до України за I півріччя 2021 зросла на – 9%. URL: <https://guide.kyivcity.gov.ua14.tourism.gov.ua/> (дата звернення: 10.03.2025)
5. Лепетюк В.Б. Продукти гіс-технологій для підвищення туристичної привабливості дестинації (на прикладі Чернігівської області), Науковий журнал “Інженерна геодезія, землеустрій та кадастр” 2020, №92. С.55-67.
6. Масляк А.М. Географія 11 кл. Електронні карти та глобуси. Картографічні інтернет-джерела. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/maslyak-geography-11-class-2019-profile-level/10.php> (дата звернення: 05.04.2025)
7. Махнюк В. П. Інформаційні технології в географії та туризмі: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 228 с.
8. Мельник А. В. Геопросторова інфраструктура в контексті інноваційних процесів у картографії. *Збірник наукових праць Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Географія»*. Харків, 2012. Вип. 15. С. 67-74.
9. Наука для Львова Аналітична записка НІСД, 2021. 224 с.
10. Руденко Л.Г. Актуальні напрямки розвитку картографії в Україні. Київ: Інститут географії НАН України, 2019. 92 с.

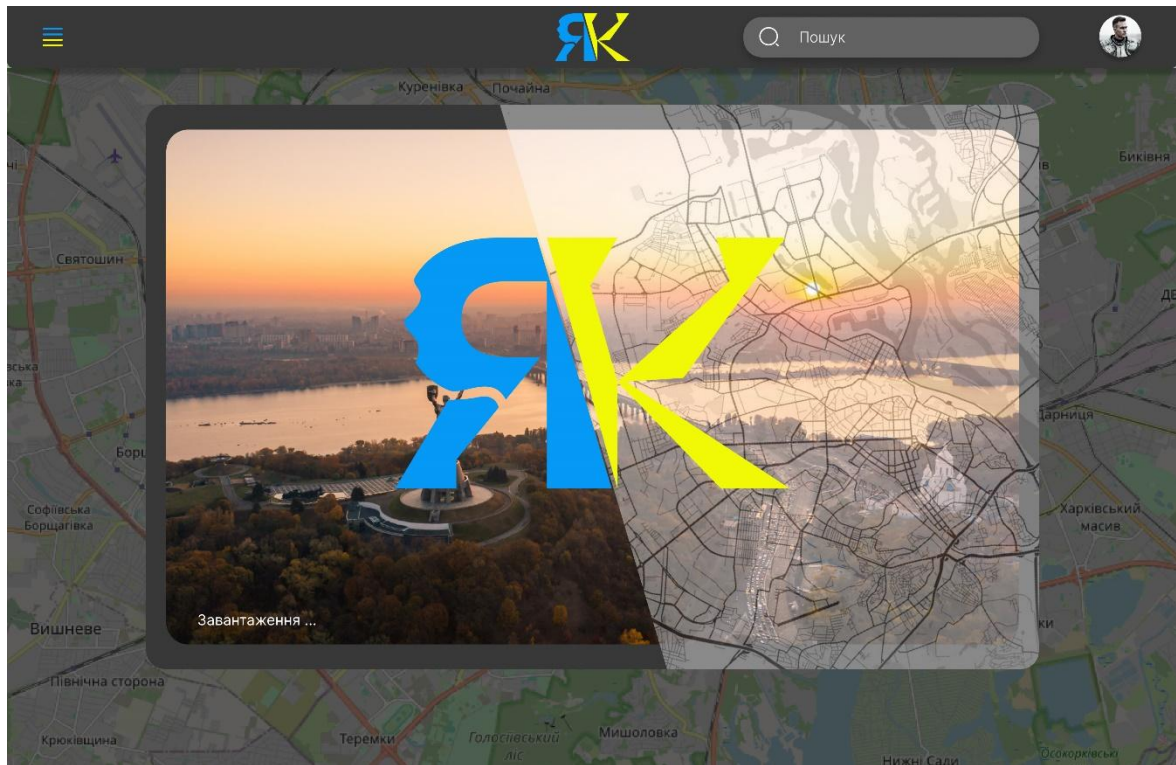
11. Стаднік О. М. Геоінформаційні системи та бази даних: навчальний посібник. Київ: Каравела, 2020. 256 с.
12. Чабаник В.С. Нові пошуки в розвитку мовної парадигми картографії: мова та знання. Укр. геогр. журнал, 2018, №4(104). С.59-69.
13. Чернов А. С., Тарасенко О. В. Веб-картографування: сучасні технології і застосування в урбаністиці та туризмі. *Геоінформаційні системи і картографія*, 2021. № 2. С. 12-19.
14. *Future of GIS: Trends in Geospatial Tech.* – 2025. URL: <https://mgiss.co.uk> (дата звернення: 19.03.2025)
15. *Guide to Map Design* – 2023. URL: <https://www.mapbox.com/>
16. KODA.gov.ua. На Київщині буде створена онлайн-карта безбар'єрності. URL: <https://koda.gov.ua/news/na-kyiyvshhyni-bude-stvoreno-onlajn-karta-bezbar-yernosti/> (дата звернення: 04.04.2025)
17. Kraak, M.-J., & Ormeling, F. *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge, 2020. 244 p.
18. MapLibrary.org. *7 Trends Shaping Modern Cartography Today*. URL: <https://www.maplibrary.org/82/modern-cartography> (дата звернення: 10.03.2025).
19. *Meaningful Map Criteria – Travel & Tourism Maps.* – 2022. URL: TourismCares.org. (дата звернення: 17.03.2025)
20. PortalGIS.pro. Порівняння веб-картографії: 5 платформ, варті уваги (Битва веб-ГІС). URL: <https://portalgis.pro/geoinformaczijni-systemy/5-najkrashhyh-veb-kartografichnyh-platform-bytva-veb-gis/> (дата звернення: 10.05.2025)
21. Rajabifard, A., & Williamson, I. Spatial data infrastructures: concepts, nature, and SDI hierarchy // *Journal of Geospatial Engineering*, 2021, Vol. 3(2), pp. 1-15.
22. *The UX of Maps in Web Design* (Emma Jagger). URL: <https://webdesignerdepot.com/> (дата звернення: 10.03.2025)

23. USC GIS. *The State of Modern Cartography*. USC GIS Blog, May 23, 2021. URL: <https://gis.usc.edu/blog/the-state-of-modern-cartography/> (дата звернення: 10.05.2025)
24. *Use of mobile for travel planning 2023*. URL: <https://www.statista.com/> (дата звернення: 10.03.2025)
25. Visicom API Blog. З'явилася інтерактивна карта визначних місць України – 2020. URL: <https://api.visicom.ua/uk/posts/ukrainetiuristmap> (дата звернення: 10.05.2025)
26. Zamyatin, D. N., & Privalov, V. N. Geospatial web services and their application in tourism. *Geography and Tourism Journal*, 2021, № 4(58), с. 22-31.

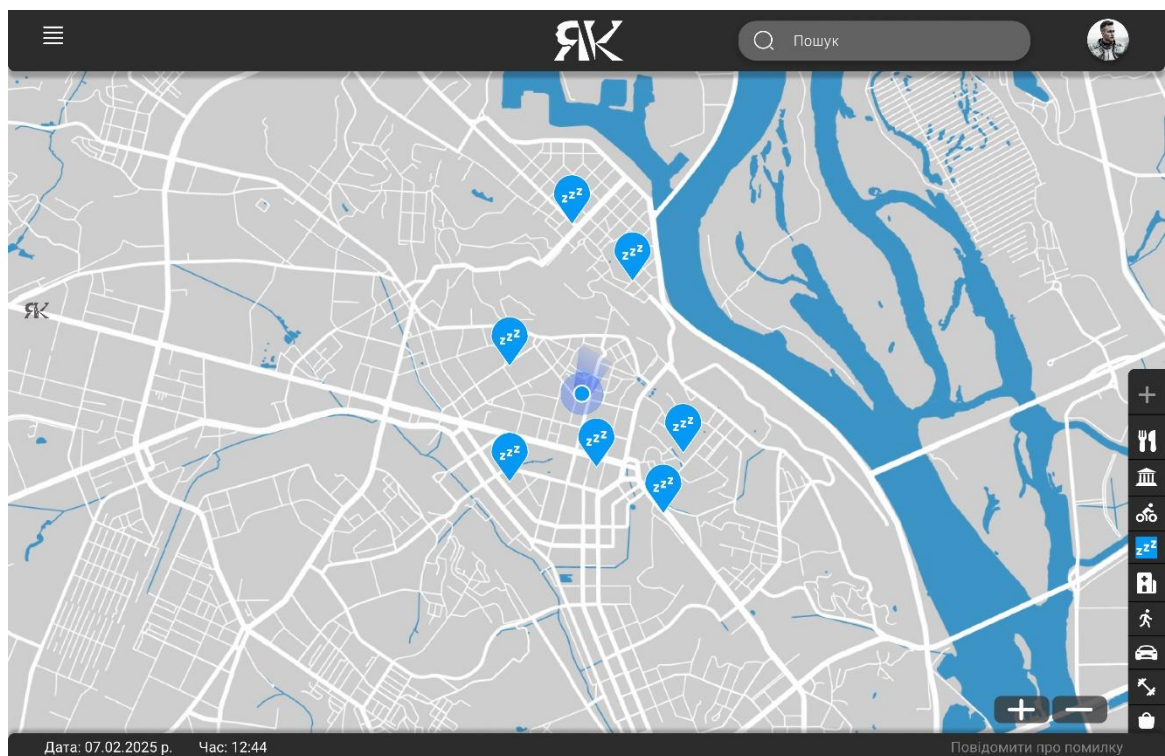
ДОДАТКИ

Додаток А

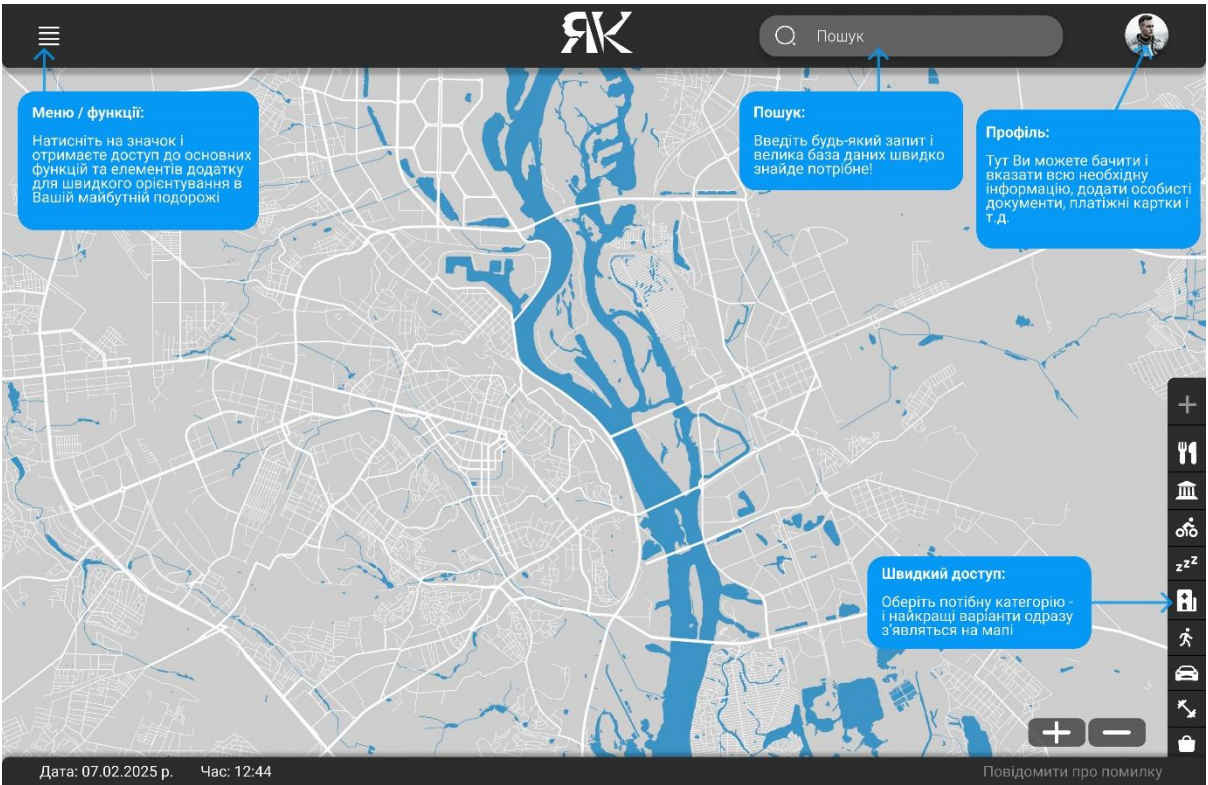
СКРІНИ РОБОТИ ВЕБ-ДОДАТКУ



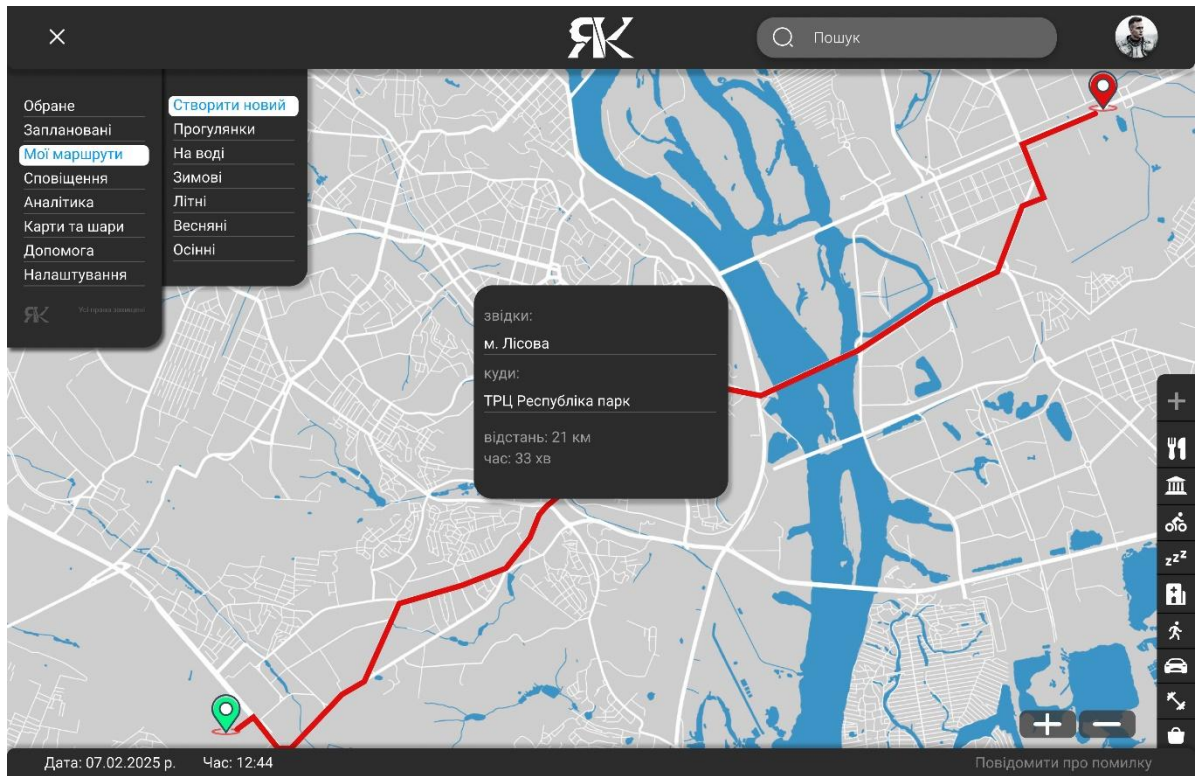
Скрін екрану завантаження веб-додатку



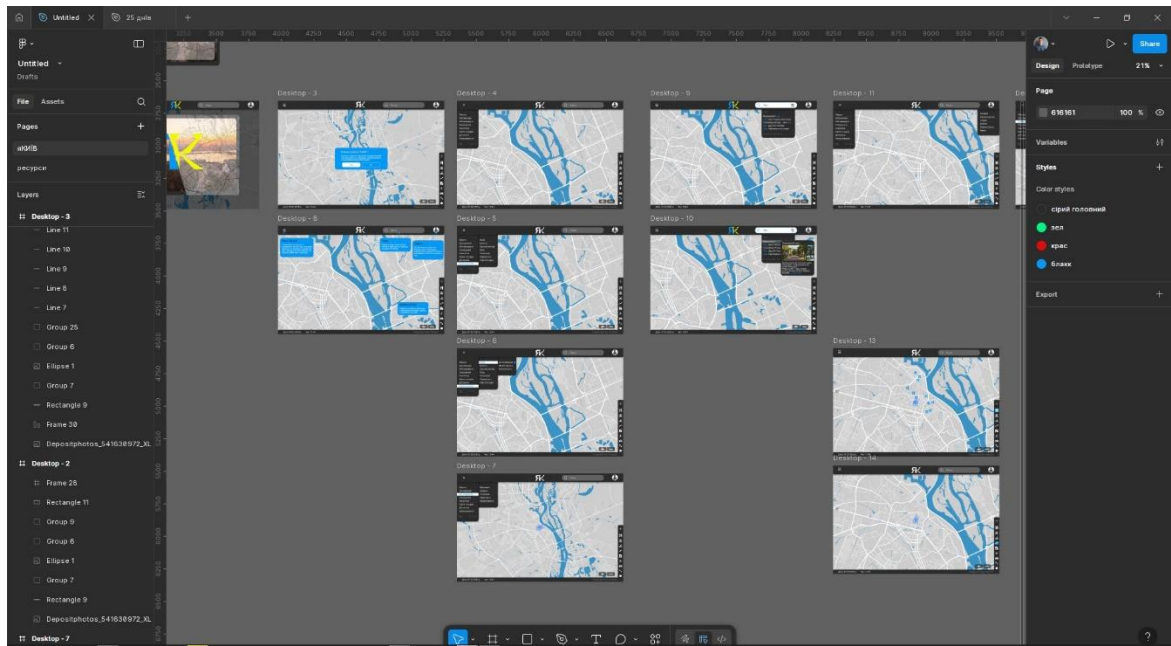
Відображення кращих готелів поблизу місцезнаходження користувача



Відображення підказок щодо користування інтерфейсом



Відображення маршруту від станції метро “Лісова” до ТРЦ “Respublika Park”



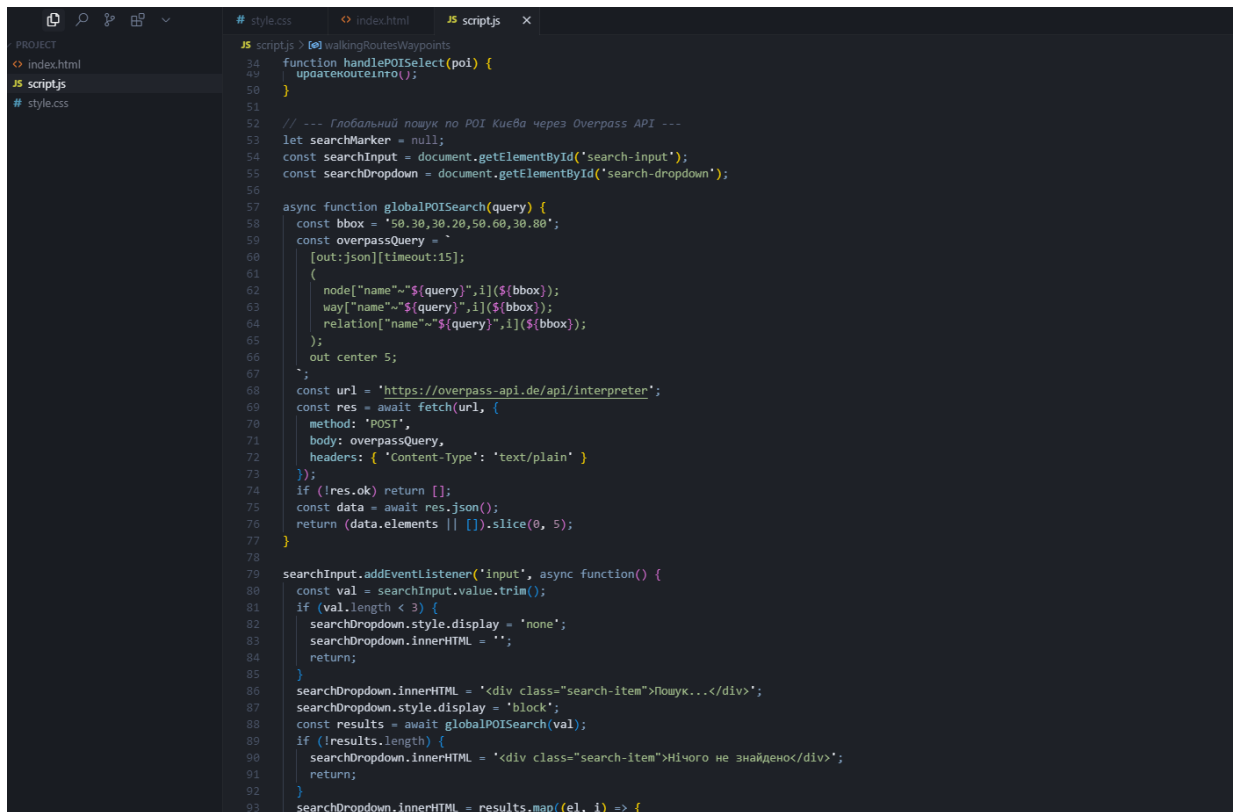
Інтерфейс програми Figma, в якій було створено дизайн веб-додатку

```

1  <!DOCTYPE html>
2  <html lang="uk">
3  <head>
4    <meta charset="UTF-8" />
5    <title>Я-КИЇВ | Маршрут Лісова → Хрещатик</title>
6    <!-- Leaflet CSS -->
7    <link
8      rel="stylesheet"
9      href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css"
10     />
11    <!-- Leaflet Routing Machine CSS -->
12    <link
13      rel="stylesheet"
14      href="https://unpkg.com/leaflet-routing-machine@3.2.12/dist/leaflet-routing-machine.css"
15     />
16    <style>
17      html, body, #map { height: 100%; margin: 0; padding: 0; }
18      .leaflet-routing-geocoder { display: none; }
19    </style>
20  </head>
21  <body>
22    <div id="map"></div>
23
24    <!-- Leaflet JS -->
25    <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"></script>
26    <!-- Leaflet Routing Machine JS -->
27    <script src="https://unpkg.com/leaflet-routing-machine@3.2.12/dist/leaflet-routing-machine.js"></script>
28    <!-- Optional: Geocoder (for address lookup) -->
29    <script src="https://unpkg.com/leaflet-control-geocoder@1.13.1/dist/Control.Geocoder.js"></script>
30
31    <script>
32      (async () => {
33        // 1. Ініціалізація карти з центром на Києві
34        const map = L.map('map').setView([50.45, 30.52], 12);
35
36        L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
37          maxZoom: 19,
38          attribution: '&copy; OpenStreetMap'
39        }).addTo(map);
40
41        // 2. Імітуємо визначення локації метро Лісова
42        // У реальному додатку можна замінити на navigator.geolocation.getCurrentPosition
43        const lisova = {
44          lat: 50.555,
45          lng: 30.610,
46          label: "Метро Лісова"
47        };
48
49        // 3. Координати Хрещатика
50        const khreshchatyk = {
51          lat: 50.4501,
52          lng: 30.5234,
53          label: "Хрещатик"
54        };
55
56        // Показуємо маркери початку та кінця
57        L.marker([lisova.lat, lisova.lng]).addTo(map)
58          .bindPopup(lisova.label).openPopup();
59        L.marker([khreshchatyk.lat, khreshchatyk.lng]).addTo(map)
60          .bindPopup(khreshchatyk.label);
61      })();

```

Рис. Робота в програмі VS Code – розробка бекенд частини веб-додатку



```

# style.css
index.html
script.js
style.css

PROJECT
index.html
script.js
style.css

script.js > walkingRoutesWaypoints
34 function handlePOISelect(poi) {
49   updateRouteIntro();
50 }
51
52 // --- Глобальний пошук по POI Києва через Overpass API ---
53 let searchMarker = null;
54 const searchInput = document.getElementById('search-input');
55 const searchDropdown = document.getElementById('search-dropdown');
56
57 async function globalPOISearch(query) {
58   const bbox = '50.30,30.20,50.60,30.80';
59   const overpassQuery = `
60     [out:json][timeout:15];
61     (
62       node["name"~"${query}"],i[${bbox}];
63       way["name"~"${query}"],i[${bbox}];
64       relation["name"~"${query}"],i[${bbox}];
65     );
66     out center 5;
67   `;
68   const url = 'https://overpass-api.de/api/interpreter';
69   const res = await fetch(url, {
70     method: 'POST',
71     body: overpassQuery,
72     headers: { 'Content-Type': 'text/plain' }
73   });
74   if (!res.ok) return [];
75   const data = await res.json();
76   return (data.elements || []).slice(0, 5);
77 }
78
79 searchInput.addEventListener('input', async function() {
80   const val = searchInput.value.trim();
81   if (val.length < 3) {
82     searchDropdown.style.display = 'none';
83     searchDropdown.innerHTML = '';
84     return;
85   }
86   searchDropdown.innerHTML = '<div class="search-item">Пошук...</div>';
87   searchDropdown.style.display = 'block';
88   const results = await globalPOISearch(val);
89   if (!results.length) {
90     searchDropdown.innerHTML = '<div class="search-item">Нічого не знайдено</div>';
91     return;
92   }
93   searchDropdown.innerHTML = results.map((el, i) => {

```

Рис. Глобальний пошук по POI Києва через Overpass API

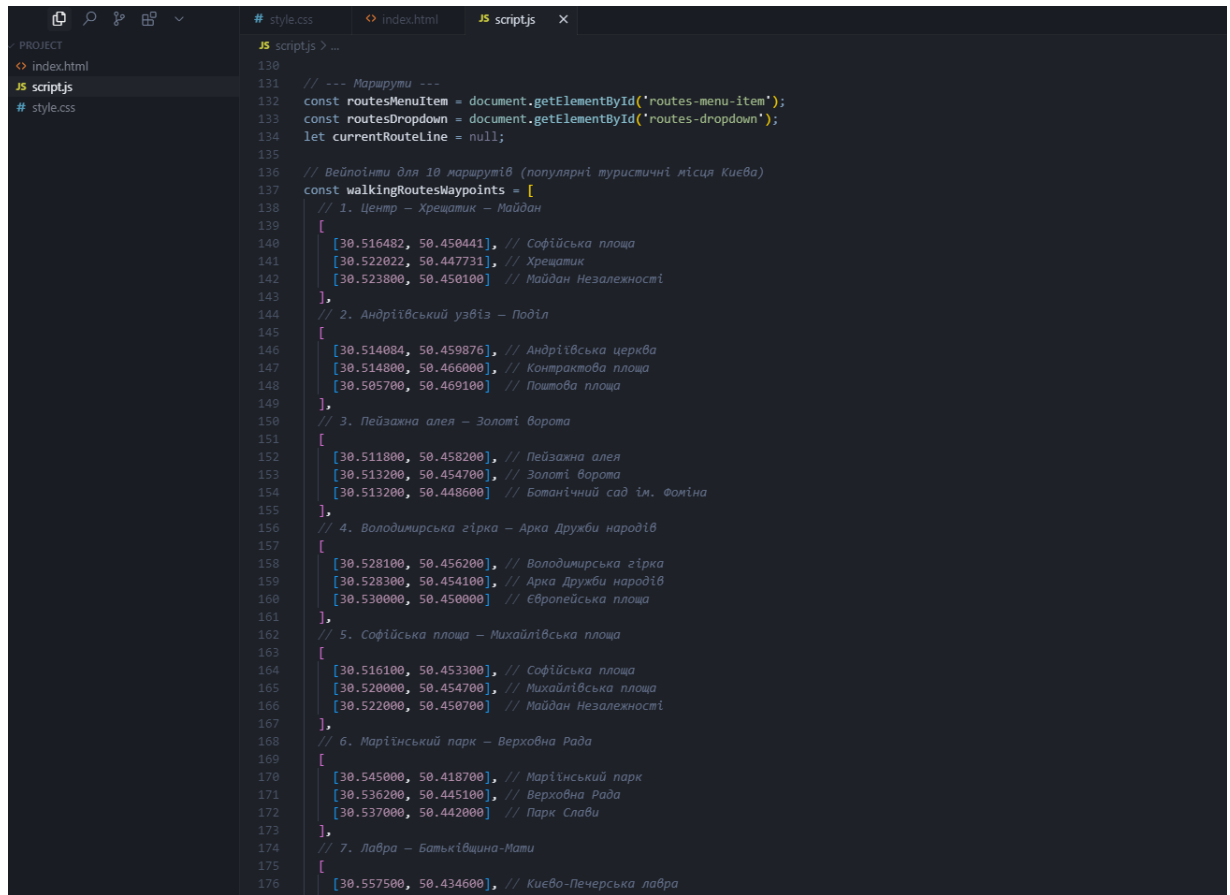


Рис. Додавання скрипту для кастомних маршрутів користувача

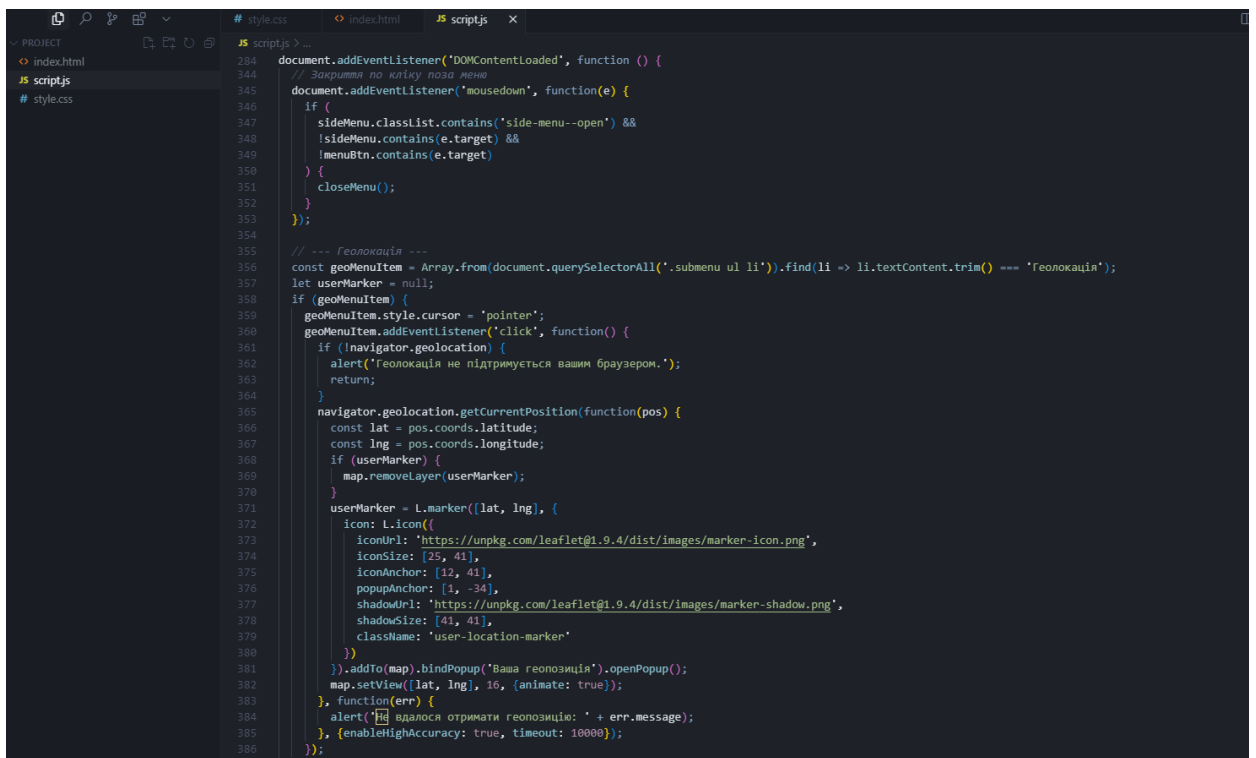


Рис. Скрипт для визначення місцезнаходження користувача у реальному часі

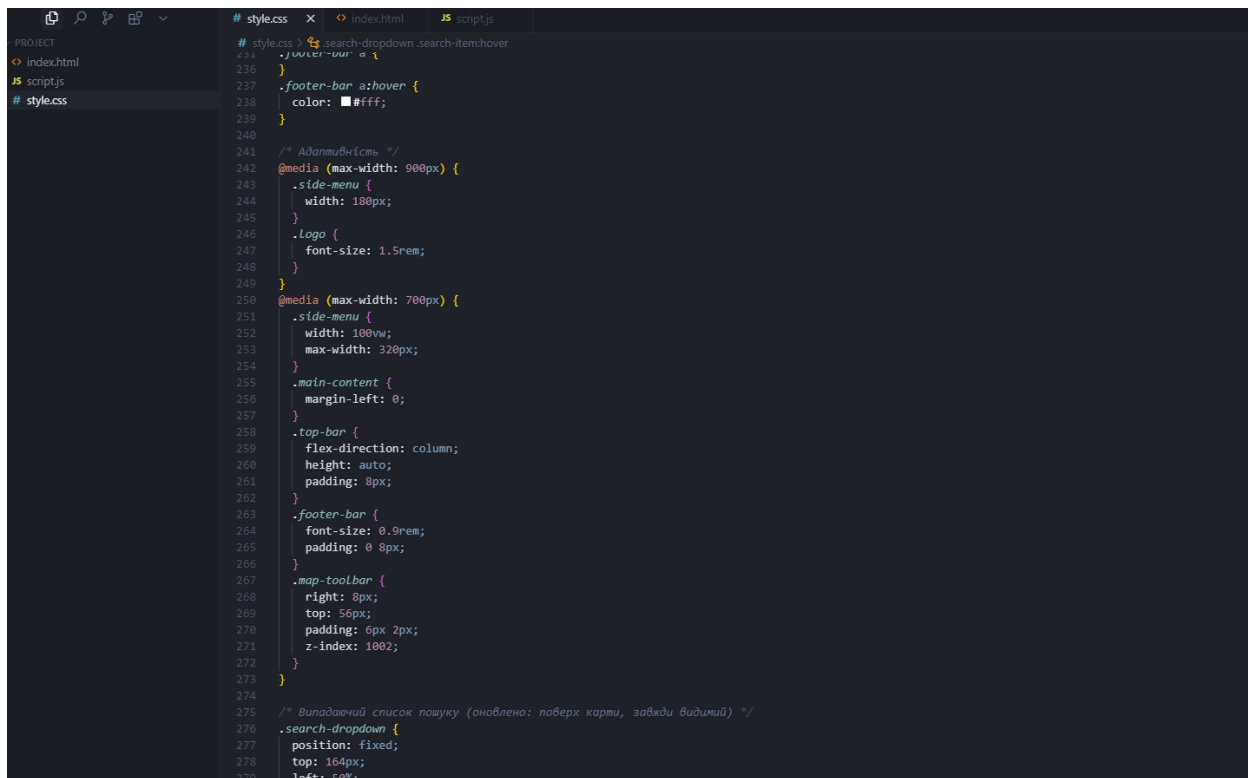


Рис. Додавання стилей (CSS3) для адаптивності на різних пристроях