

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»



Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

СІЛІН МАКСИМ ЮРІЙОВИЧ
Група КНТ-514м

ВЕБОРІЄНТОВАНА СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ
ВІЗУАЛЬНИХ КАРТ СПОГАДІВ ТА ПОДОРОЖЕЙ
АВТОРЕФЕРАТ

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного
рівня «магістр» 123 «Комп'ютерна інженерія»
освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі»

2025 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

Керівник

кандидат технічних наук, доцент
Голуб Тетяна Василівна,
Національний університет «Запорізька
політехніка», доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний
рецензент:**

Харитонов Олексій Борисович,

Захист відбудеться "23" грудня 2025р.

Секретар екзаменаційної комісії, доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж **Т.В. Голуб**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімкий розвиток цифрових технологій та повсюдне поширення мобільних пристроїв із вбудованими GPS-модулями призвели до формування нової культури документування подорожей. За даними міжнародних досліджень, понад 65% мандрівників активно використовують смартфони та цифрові камери для фіксації вражень під час подорожей, створюючи щорічно понад 1,4 трильйона геотегованих фотографій. Водночас традиційні методи організації цифрових спогадів у вигляді хронологічних галерей або папкових структур не розкривають просторовий контекст подорожей та не забезпечують цілісного розуміння географічної історії переміщень користувачів.

Сучасні користувачі потребують інструментів, які дозволяють не лише зберігати цифрові спогади, але й автоматично перетворювати їх на інтерактивні візуальні історії з просторовим контекстом. Існуючі комерційні рішення, такі як Google My Maps, Polarsteps та Wanderlog, демонструють обмежений функціонал автоматизації обробки геолокаційних даних, вимагають значних зусиль для ручного введення інформації про локації або не підтримують повноцінну інтеграцію мультимедійного контенту різних форматів.

Ключові проблеми, що потребують вирішення, включають відсутність ефективних алгоритмів автоматизованого вилучення просторово-часової інформації з мультимедійних файлів різних форматів, складність побудови візуально привабливих та інформативних карт маршрутів з урахуванням географічних особливостей, брак інтелектуальних інструментів для аналізу географічних патернів подорожей та обмежені можливості персоналізації візуалізацій відповідно до естетичних переваг та специфічних потреб користувачів. Тому обрана тема магістерської роботи є актуальною.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес автоматизованого документування та візуалізації подорожей.

Предметом дослідження є методи та засоби створення веборієнтованої системи для генерації інтерактивних візуальних карт спогадів на основі геопросторових алгоритмів.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської роботи – розробка веборієнтованої системи для автоматизованої генерації інтерактивних візуальних карт подорожей на основі геолокаційних метаданих з використанням алгоритму DBSCAN.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих систем візуалізації подорожей та методів кластеризації геопросторових даних;
2. Розробити архітектуру веборієнтованої системи з модулями обробки геолокаційних метаданих;
3. Реалізувати алгоритм кластеризації локацій на основі DBSCAN та модуль візуалізації карт;
4. Провести експериментальне дослідження продуктивності та точності системи.

Методи дослідження: алгоритм кластеризації DBSCAN, методи обробки EXIF метаданих, технології веброзробки React та Node.js, картографічна бібліотека Mapbox GL JS, база даних MongoDB з підтримкою геопросторових запитів.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вперше запропоновано комплексний підхід до автоматизованої генерації візуальних карт подорожей, що інтегрує алгоритми кластеризації з урахуванням часової компоненти та методи картографічної візуалізації. Удосконалено алгоритм DBSCAN додаванням параметру часу перебування, що підвищує точність кластеризації на 15-20% порівняно з базовою реалізацією.

Практичне значення отриманих результатів:

Розроблено веборієнтовану систему, яка дозволяє користувачам автоматично перетворювати фотографії на інтерактивні карти подорожей з середнім часом обробки 250 фотографій на рівні 8 секунд та точністю визначення локацій 96%. Система може використовуватися туристичними агентствами для створення маршрутів, приватними користувачами для документування подорожей, тревел-блогерами та дослідниками у сфері геоінформаційних технологій.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Основна частина містить 93 сторінки, 31 рисунок і 12 таблиць, список використаних джерел з 28 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі проведено аналіз проблематики документування цифрових подорожей та огляд існуючих програмних рішень. Досліджено технічні основи геолокаційних метаданих стандарту EXIF 2.13.2, що включають GPS координати, часові мітки та параметри зйомки. Виконано порівняльний аналіз платформ Google Photos, Apple Photos, Polarsteps, Triplt та Komoot, що виявив їх обмеження у автоматизації обробки архівних фотографій.

Проведено аналіз бібліотек для обробки EXIF метаданих, включно з ExifReader для JavaScript, Piexifjs та ExifTool. Досліджено методи кластеризації геопросторових даних: DBSCAN для виявлення кластерів довільної форми, K-means для швидкої обробки великих наборів, OPTICS для багаторівневої кластеризації та Mean Shift для автоматичного визначення кількості кластерів. Обґрунтовано вибір DBSCAN як оптимального підходу завдяки здатності обробляти шум, виявляти кластери довільної форми та не вимагати попереднього визначення кількості кластерів.

У другому розділі розроблено концептуальну модель системи з тришаровою архітектурою: Frontend Layer на React з TypeScript для користувацького інтерфейсу, Backend Layer на Node.js з Express.js для бізнес-логіки та обробки запитів, Data Layer на MongoDB з підтримкою GeoJSON для зберігання геопросторових даних.

Спроектовано архітектуру компонентів системи з модулями: вилучення EXIF метаданих з підтримкою форматів JPEG, PNG, HEIC, MP4, MOV; кластеризації локацій на основі DBSCAN з параметрами epsilon від 100 до 400 метрів та minPoints від 3 до 5 точок залежно від типу подорожі; побудови маршрутів з евристикою найближчого сусіда та інтерполяцією за кривими Безьє; картографічної візуалізації на Mapbox GL JS з підтримкою кастомних маркерів та анімованих траєкторій.

Розроблено структури даних з використанням GeoJSON формату для представлення точок, ліній та полігонів. Спроектовано MongoDB схеми з геопросторовими індексами 2dsphere для ефективного виконання запитів поблизу та в межах заданої області.

У третьому розділі реалізовано веборієнтовану систему з використанням обраних технологій. Розроблено користувацький інтерфейс з багатокроковим процесом створення подорожей: завантаження фотографій з drag-and-drop функціональністю, автоматична обробка EXIF метаданих, налаштування параметрів кластеризації, перегляд результатів на інтерактивній карті з можливістю редагування назв локацій та експорту у формати PNG, GIF, HTML, GPX, KML.

Імплементовано модуль вилучення EXIF метаданих з використанням бібліотеки `exifr`, що забезпечує парсинг GPS тегів, валідацію координат у діапазонах широти від -90 до 90 градусів та довготи від -180 до 180 градусів, конвертацію часових міток у формат UTC. Реалізовано алгоритм DBSCAN кластеризації з обчисленням відстаней за формулою Гаверсинусів, пошуком сусідів у радіусі `epsilon` та розширенням кластерів з додаванням `density-reachable` точок.

Створено модуль картографічної візуалізації на базі `Mapbox GL JS` з рендерингом 60 кадрів на секунду при відображенні 500 маркерів, підтримкою кастомних стилів карт, анімованими траєкторіями переміщень між локаціями та теплових карт щільності фотографій. Розроблено систему експорту результатів у різні формати: PNG для статичних зображень високої роздільності, GIF для анімованих візуалізацій маршруту, HTML для інтерактивних карт з можливістю публікації в інтернеті, GPX та KML для сумісності з GPS-навігаторами та геоінформаційними системами.

У четвертому розділі проведено експериментальне дослідження продуктивності та точності системи. Визначено методологію тестування з використанням тестового набору з 500 геотегованих фотографій різних форматів та локацій. Проведено дослідження впливу параметрів `epsilon` та `minPoints` алгоритму DBSCAN на якість кластеризації з варіюванням `epsilon` від 100 до 400 метрів та `minPoints` від 3 до 5 точок.

Виміряно показники продуктивності системи: середній час обробки 250 фотографій становить 8 секунд, точність визначення локацій з EXIF метаданих досягає 96%, час відгуку на взаємодію користувача з картою не перевищує 100 мілісекунд. Проведено оцінку точності кластеризації з використанням метрики `Silhouette`

Score, що показала значення від 0,61 до 0,74 залежно від параметрів алгоритму та характеру подорожі.

Виконано юзабіліті-тестування з залученням 30 користувачів різних вікових груп та рівнів технічної підготовки. Результати показали 91% загальної задоволеності інтерфейсом, 88% позитивної оцінки роботи автоматичної кластеризації локацій та 94% успішного завершення базових сценаріїв використання без сторонньої допомоги. Середній час створення візуальної карти подорожі з 200 фотографіями становив 3 хвилини 45 секунд.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи магістра розроблено веборієнтовану систему для автоматизованої генерації інтерактивних візуальних карт спогадів та подорожей на основі геолокаційних метаданих з мультимедійних файлів користувачів з використанням алгоритмів машинного навчання для інтелектуальної кластеризації локацій та побудови оптимальних маршрутів візуалізації.

Проведено системний аналіз існуючих рішень Google My Maps, Polarsteps, Wanderlog, що дозволило виявити їх обмеження у автоматизації обробки геолокаційних даних. Виконано порівняльний аналіз алгоритмів кластеризації DBSCAN, K-means, OPTICS, Mean Shift, що обґрунтувало вибір DBSCAN як оптимального підходу для групування локацій з можливістю виявлення кластерів довільної форми.

Розроблено архітектуру веборієнтованої системи на основі тришарової моделі з Frontend Layer на React з TypeScript, Backend Layer на Node.js з Express.js та Data Layer на MongoDB з підтримкою GeoJSON, що забезпечує масштабованість системи. Спроектовано та реалізовано модуль вилучення геолокаційних метаданих з форматів JPEG, PNG, HEIC, MP4, MOV з парсингом EXIF тегів та валідацією координат.

Імплементовано алгоритм кластеризації на основі DBSCAN з параметрами epsilon від 100 до 400 метрів залежно від типу подорожі та minPoints від 3 до 5 точок, що забезпечує точність кластеризації від 61% до 74% за метрикою Silhouette Score.

Розроблено алгоритм побудови маршрутів з евристикою найближчого сусіда та інтерполяцією за кривими Безьє для візуально привабливих траскторій.

Створено модуль картографічної візуалізації на базі Mapbox GL JS з підтримкою кастомних маркерів, анімованих траскторій та теплових карт, що забезпечує рендеринг 60 кадрів на секунду при відображенні 500 маркерів. Реалізовано експорт у формати PNG, GIF, HTML, GPX, KML для різних сценаріїв використання.

Проведено експериментальне дослідження продуктивності, що показало середній час обробки 250 фотографій на рівні 8 секунд з точністю визначення локацій 96%. Виконано юзабіліті-тестування з 30 користувачів, що показало 91% задоволеності інтерфейсом, 88% позитивної оцінки автоматичної кластеризації та 94% успішного завершення без допомоги.

Наукова новизна полягає у вперше запропонованому комплексному підході, що інтегрує алгоритми кластеризації з урахуванням часової компоненти та методи візуалізації. Удосконалено алгоритм DBSCAN додаванням параметру часу перебування, що підвищує точність на 15-20%.

Практичне значення полягає у можливості автоматичного перетворення геотегованих фотографій на інтерактивні карти. Система може використовуватися туристичними агентствами, приватними користувачами, блогерами та дослідниками у сфері геоінформаційних технологій.

Таким чином, всі поставлені в роботі задачі виконані й мета досягнута.