

УДК 004.93:528.8:004.9

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ НА ОСНОВІ ГЕОЛОКАЦІЙНИХ ДАНИХ

Мартинюк С.О., студент

Київський національний університет технологій та дизайну

Волівач А.П., кандидат технічних наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: GPS, геолокація, траєкторія руху, трекінг, візуалізація, навігація.

Сучасні інформаційні системи, що базуються на використанні геолокаційних даних, знаходять широке застосування у різних сферах, зокрема для моніторингу фізичної активності користувачів, у транспортних системах та інтелектуальних навігаційних сервісах. Одним із ключових завдань таких систем є побудова та аналіз траєкторії руху об'єкта на основі координат, отриманих із навігаційних сенсорів [1].

Побудова та аналіз траєкторій руху передбачають представлення переміщення об'єкта у вигляді послідовності географічних координат із подальшою їх обробкою та інтерпретацією для отримання інформації про поведінку об'єкта. У процесі аналізу враховуються такі характеристики, як напрямок і швидкість руху, просторово-часові закономірності та характер переміщення, що дозволяє виявляти приховані патерни активності та робити висновки про поведінкові особливості об'єкта [2].

Методи візуалізації траєкторій руху на основі геолокаційних даних спрямовані на наочне представлення просторово-часових характеристик переміщення об'єктів та полегшення їх аналізу. Найпоширенішим підходом є відображення траєкторії у вигляді полілінії на карті, що дозволяє відтворити маршрут руху. Для аналізу інтенсивності переміщень застосовуються теплові карти, які відображають щільність точок у певних ділянках простору. Також використовуються методи агрегування траєкторій, що дають змогу виявляти типові маршрути та загальні закономірності руху, а також анімаційні засоби, які відображають динаміку переміщення у часі. Додатково застосовується семантична візуалізація, що передбачає збагачення траєкторій контекстною інформацією, зокрема позначенням зупинок, важливих об'єктів і типів активності, що підвищує інформативність і аналітичну цінність представлення даних [1, 2].

Додатково слід зазначити, що ефективність візуалізації траєкторій значною мірою залежить від вибору просторово-часової моделі представлення даних. Зокрема, використання дискретних моделей дозволяє відобразити окремі точки вимірювання, тоді як безперервні моделі забезпечують більш плавне відтворення руху шляхом інтерполяції між координатами. Поєднання цих підходів у гібридних візуалізаційних системах дає змогу підвищити точність інтерпретації траєкторії та краще відобразити реальні особливості руху об'єкта.

Підвищення точності траєкторії досягається шляхом застосування методів обробки даних, зокрема фільтрації шумів та згладжування координат, що дозволяє зменшити вплив випадкових відхилень і забезпечити більш коректне відображення реального маршруту руху. Важливу роль також відіграє інтеграція даних із різних сенсорів, що підвищує достовірність визначення положення об'єкта та сприяє зменшенню похибок побудови траєкторії [1].

Для підвищення точності відображення маршруту застосовуються алгоритми узгодження траєкторії з дорожньою мережею. У загальному вигляді вони передбачають визначення найближчих сегментів дорожньої мережі, обчислення відстаней до них, вибір найбільш ймовірного сегмента з урахуванням напрямку руху, проєкцію координати на дорожній сегмент, фільтрацію відхилень і формування скоригованої траєкторії. Застосування такого підходу дозволяє уникати зміщення маршруту відносно дороги та підвищує точність його відображення, особливо в умовах складної міської інфраструктури [1, 2].

Оптимізація обсягу даних, що зберігаються, є важливим етапом обробки геолокаційної інформації, оскільки безперервний трекінг призводить до накопичення значної кількості координат. Для вирішення цієї проблеми застосовуються методи спрощення траєкторії, які дозволяють зменшити кількість точок без суттєвої втрати точності відображення маршруту [3].

Перспективним напрямом розвитку систем аналізу геолокаційних даних є використання методів машинного навчання для інтелектуальної інтерпретації траєкторій руху. Такі підходи дозволяють виявляти приховані закономірності та аномальні патерни поведінки об'єктів, зокрема нетипові переміщення, зупинки або різкі зміни напрямку руху, без необхідності використання чітко заданих правил. Застосування алгоритмів кластеризації та моделей послідовностей сприяє виділенню типових сценаріїв руху, що є особливо актуальним для транспортної аналітики, логістики та систем моніторингу безпеки.

У ході дослідження узагальнено структуру системи збору та обробки геолокаційних даних, побудовану за принципом послідовної архітектури обробки даних, яка забезпечує перетворення просторово-часової інформації від моменту її отримання до фінального візуального представлення. Система включає чотири основні функціональні модулі, кожен з яких реалізує окремий етап обробки даних (рис. 1).

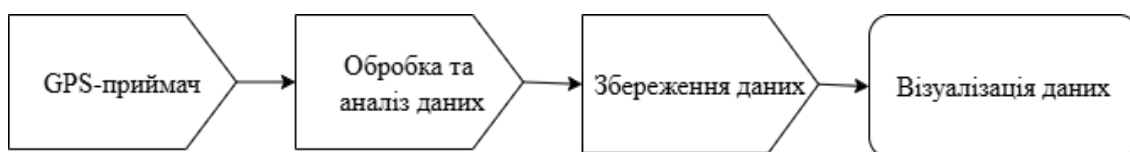


Рисунок 1 – Структура системи збору та обробки геолокаційних даних

Як видно з рисунка, першим є модуль збору даних, основним елементом якого виступає GPS-приймач. Його функція полягає у фіксації

координат місцезнаходження об'єкта в реальному часі та формуванні первинного потоку геолокаційної інформації у вигляді послідовності просторово-часових вимірювань із відповідними часовими мітками.

Другим компонентом є модуль обробки даних, який забезпечує перетворення первинних просторово-часових вимірювань у структуровану інформацію, придатну для подальшого аналізу. Він включає фільтрацію та корекцію даних, аналіз траєкторії руху (визначення напрямку, швидкості та характеру переміщення об'єкта), а також накопичення історії спостережень.

Третім компонентом є модуль збереження просторово-часових даних, який забезпечує накопичення координат у базі даних та формування історії переміщень для подальшого аналізу та оптимізації маршрутів.

Четвертим компонентом є модуль візуалізації, що відповідає за графічне представлення результатів обробки у вигляді траєкторії руху об'єкта на карті, забезпечуючи зручну інтерпретацію просторових даних. Система реалізує послідовний ланцюг обробки даних: від їх збору через GPS-приймач, подальшої аналітичної обробки та зберігання до фінальної візуалізації результатів.

Слід зауважити, що додатковим чинником, який впливає на точність побудови траєкторії, є частота дискретизації GPS-даних. Вона визначає інтервал між послідовними вимірюваннями координат і безпосередньо впливає на деталізацію маршруту. При цьому низька частота призводить до втрати дрібних змін напрямку руху, тоді як висока частота забезпечує більшу точність, але збільшує обсяг даних та енергоспоживання пристрою.

З огляду на це, доцільним є застосування адаптивного підходу до вибору частоти дискретизації. Для пішохідного руху (до 5 км/год) достатньою є частота 0,2–0,5 Гц, тоді як для транспортного руху – 1–2 Гц. Такий підхід дозволяє забезпечити баланс між точністю побудови маршруту та ефективністю використання ресурсів мобільного пристрою [3].

Таким чином, використання сучасних підходів до збору, обробки та узгодження геолокаційних даних у поєднанні з адаптивним регулюванням параметрів дискретизації дозволяє підвищити точність визначення положення об'єкта та покращити якість відображення його траєкторії.

Список використаних джерел

1. Гула В.С. Сенсори та методи візуальної навігації для автономних БПЛА // Грааль науки. – 2024. – № 42.
2. Zheng, Yu. "Trajectory Data Mining: An Overview" ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, vol. 6, no. 3, 2015, Article 29, pp. 1–41. <https://doi.org/10.1145/2743025>
3. Капаціла Ю.Б., Дідур С.Р. Дослідження та розробка методів планування траєкторії мобільних роботів // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій». – Тернопіль, 2022. – С. 165 – 166.