

УДК 681.004.7

## АНАЛІЗ ГЕОПРОСТОРОВИХ АРІ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Р. С. Зацерковна<sup>1</sup>, Р. Г. Зацерковний<sup>2</sup>, В. С. Костирко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

<sup>2</sup>Львівський торговельно-економічний університет,  
вул. Туган-Барановського, 10, Львів, 79008, Україна

*Роз'яснено поняття геопросторових даних та інформаційних технологій, що базуються на обробці геопросторових даних. Здійснено огляд та детальний опис геопросторових АРІ, опис їх основних можливостей та функціоналу. Обґрунтовано застосування геопросторових АРІ у галузі логістики. Проведено аналіз можливостей найчастіше застосованих АРІ, зокрема Google Maps, Mapbox та OSM.*

**Ключові слова:** геопросторові дані, логістика, інформаційні технології, АРІ, Google Maps, Mapbox, OSM.

**Постановка проблеми.** Одним з найважливіших видів інформації у сучасному світі є геопросторові дані — інформація, що описує географічні положення, об'єкти та явища на поверхні нашої планети. Інформаційні технології, що базуються на обробці геопросторових даних, стали невід'ємною частиною сучасного життя і їх використовують для низки важливих завдань як звичайні користувачі, так і великі компанії. До цих задач належить пошук найшвидшого маршруту до місця призначення, організація перевезень та логістики, ведення статистики щодо часу, проведеного у дорозі тощо.

Оскільки самостійна розробка карти усього світу є надскладним завданням, більшість інформаційних технологій, що використовують геопросторові дані, базуються на спеціальних геопросторових АРІ (Application Programming Interfaces, тобто «інтерфейсах прикладного програмування»). Ці програмні інтерфейси надають низку функцій, необхідних для ефективного планування маршрутів, відстеження транспортних засобів у реальному часі та періодичного збору статистичних даних. Вони дають змогу компаніям оптимізувати маршрути доставки, відстежувати переміщення свого транспорту та загалом підвищувати ефективність своїх послуг. Зі зростанням необхідності зменшення споживання палива та підвищення якості обслуговування клієнтів збільшується і попит на геопросторові АРІ. Як платформи для електронної комерції, так і звичайні підприємства покладаються на точність та ефективність інформації, наданої цими технологіями. Отже, вибір правильного АРІ є одним з найважливіших завдань, що має вирішити розробник перед початком роботи над реалізацією своєї інформаційної технології.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Разом зі стрімким розвитком смартфонів та Інтернету речей (Internet of Things) інформаційні технології, що базуються на основі геолокації та геопросторових даних, стали одним з найважливіших аспектів організації логістичних рішень. Відповідно, у своїх дослідженнях в галузі комп'ютерних наук автори часто розглядають різноманітні API, що реалізують складний функціонал на основі геопросторових даних. У своїх працях М. Сохароентум та Х. А. Карімі емпірично порівнюють маршрути між однаковими точками, створені різноманітними картографічними Web API — Google Maps, Bing Maps, MapQuest та HERE. Вони констатують, що результати роботи таких інтерфейсів значно відрізняються через те, що кожна з інформаційних технологій використовує різні картографічні бази даних, а також різні припущення про ці дані (наприклад, приблизна тривалість поїздки з однієї точки в іншу). Інші автори, наприклад С. Наюдомтум, Е. Вінджікул та С. Сірісубтаві, описують власні розробки на основі геопросторових API. Вони використовують інформацію про трафік міста Бангкок за допомогою функціоналу «матриці відстаней», що є частиною Google Maps API. Ця інформація використовується для обчислення інформації про викиди від транспортного засобу в режимі реального часу і дає змогу визначити райони з найбільшою кількістю таких викидів.

**Мета статті** — здійснити огляд та детальний опис API для організації логістичних перевезень та обчислення складних маршрутів, зокрема Google Maps, Mapbox та OSM.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Геопросторові API — це наперед інструменти, які надають розробникам доступ до географічних даних та низки можливостей і послуг. Вони пропонують широкий спектр можливостей і функцій, які дають змогу інтегрувати геопросторові дані в довільні додатки і системи.

До найважливіших з цих можливостей належать:

- *Геокодування.* Ця задача полягає в перетворенні текстового опису адреси, зокрема часткового або неточного опису (наприклад, текстовий рядок «Під Голоском 19»), у точні географічні координати. Відповідно, *зворотне геокодування* — перетворення географічних координат на якомога точніший опис місця, якого вони стосуються. Обидва ці завдання потребують зіставлення числових координат з даними, що зберігаються в базах даних авторів API. Починаючи з 2000-х років, онлайн-платформи, що мають доступ до великих баз даних з інформацією про геокодування, наприклад Google Maps та Bing Maps, дають змогу з точністю отримати детальну інформацію про будь-які географічні координати.
- *Візуалізація даних.* Геопросторові API часто надають можливості візуалізації даних, даючи змогу розробникам створювати інтерактивні карти, наприклад розташування усіх відділень деякої компанії на карті України. Карти, створені за допомогою такого функціоналу, можна вбудовувати у вебсайти та додатки, даючи змогу користувачам візуально взаємодіяти з географічними даними та

отримувати інформацію про близькі до себе локації. API часто дають змогу видозмінювати зовнішній вигляд таких карт та візуалізацій даних, зокрема змінюючи стиль подання самих карт, точок, просторових маркерів тощо.

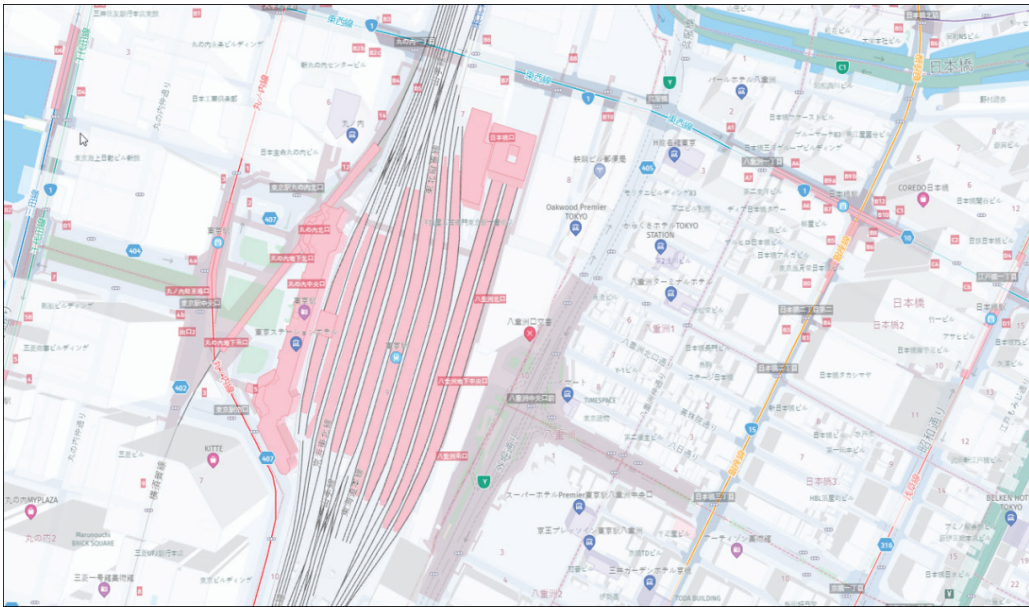


Рис. 1. Приклад візуалізації географічних даних за допомогою HERE Vector Tile API, що використовує видозмінений зовнішній вигляд для потреб японських користувачів

- *Робота з маршрутами.* Геопросторові API можуть розраховувати оптимальні маршрути для навігації. Вони враховують такі фактори, як відстань між двома точками, умови руху та типи доріг, щоб надати користувачам ефективні способи досягнути їхнього пункту призначення. Крім того, API можуть відстежувати та контролювати місцезнаходження транспортних засобів або людей у *реальному часі* за допомогою GPS або інших технологій визначення місцезнаходження. Ця функція має важливе значення для низки галузей, зокрема організації логістичних перевезень між різними об'єктами, що належать до однієї компанії.
- *Шари даних.* Багато геопросторових API пропонують доступ до різних шарів географічних даних, включаючи дані про топографію, використання землі, густоту населення тощо. Розробники можуть за бажанням накладати ці шари на візуалізовані карти або використовувати їх для аналізу даних.
- *Моделювання часових рядів (time series).* Деякі геопросторові API надають функції для аналізу даних у часі, уможливаючи часовий аналіз геопросторової інформації. Такі можливості корисні для низки сценаріїв, наприклад, відстеження пандемії або моніторинг екологічних даних про навколишнє середовище.

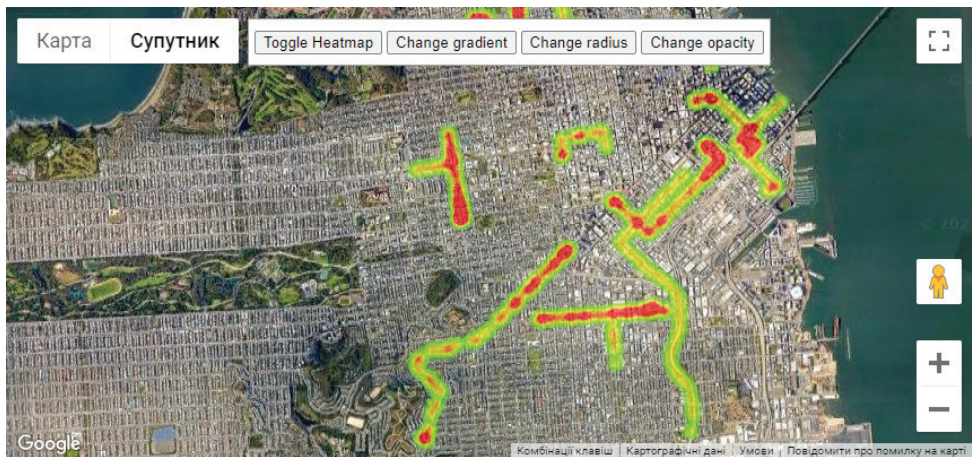


Рис. 2. Один з часто використовуваних шарів даних — теплова карта. Така візуалізація показує густоту даних: що «тепліший» колір, то більше значення в деякій області

Використання геопросторових API має особливу користь у галузі логістики. Одне з їх ключових застосувань — оптимізація маршрутів — дає змогу компаніям мінімізувати час у дорозі та споживання пального, зменшуючи витрати на транспортування та покращуючи терміни доставки. Відстеження транспортних засобів, вантажів та інших активів у реальному часі дає змогу покращити процеси доставки, гарантуючи своєчасне прибуття товарів та оперативне втручання в будь-які непередбачувані затримки або проблеми. Багато геопросторових API пропонують функції «геозонування» («geo-fencing»), що створюють віртуальні кордони навколо певних місць або зон доставки. Коли транспортні засоби або вантажі в'їжджають або виїжджають з цих зон, API активує сповіщення, передбачені розробником інформаційної технології. Фактично, маючи інформацію про точки в'їзду і виїзду для деякої ділянки карти, такий функціонал дає змогу покращити якість геопросторової аналітики і в деяких випадках підвищити безпеку водіїв.

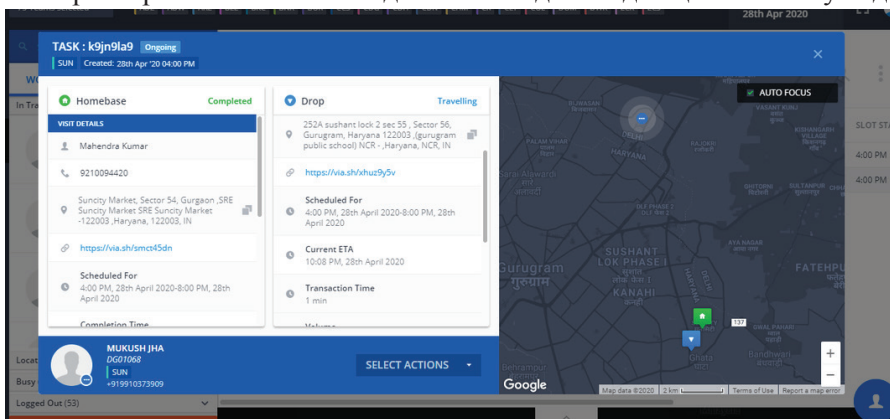


Рис. 3. За допомогою Google Maps API компанії Licious, що займається доставкою свіжої їжі, вдалось організувати ефективне відстежування замовлень на інтерактивній карті

Ще одна важлива сфера деяких комерційних геопросторових API — інвентаризація. Вони дають змогу компаніям точно відстежувати місцезнаходження товарів на складах і в розподільчих центрах, що сприяє їх ефективному зберіганню та оптимізує пошук необхідних товарів. Крім того, для бізнес-користувачів, що працюють з великою кількістю різноманітних адрес (наприклад, служб доставки), перевірка адрес за допомогою геокодування дає змогу забезпечити точність доставки, зменшити кількість невдалих доставок і підвищити загальну ефективність логістичних операцій. До додаткових переваг геопросторових API можна зарахувати користь для навколишнього середовища (внаслідок зменшення кількості зайвих поїздок) та зменшення факторів ризиків (користувачі API отримують інформацію про погодні умови, затори на дорогах та потенційні перебої у логістичних ланцюжках).

На сьогодні доступна велика кількість як комерційних, так і некомерційних продуктів, що реалізують широкий спектр геопросторового функціоналу. До найчастіше використовуваних з них можна зарахувати:

- *Google Maps API*. Це рішення від Google — одне з найпоширеніших API, що надає широкий спектр геопросторових послуг, зокрема візуалізацію, геокодування, маршрутизацію та відстеження в реальному часі. Основна перевага цього API — географічна база даних від Google, що охоплює 99 % усього світу, а також унікальні зображення вулиць від Google Street View. Таке джерело даних дає змогу ефективно прокладати маршрути на карті, переглядати вулиці та отримувати інформацію про місця. Основний недолік цього API — особливо дорога модель ціноутворення. Хоча, як і в багатьох інших API, Google Maps передбачає безкоштовний рівень (28 тис. звернень на місяць), додатки з високим трафіком можуть потребувати значних витрат. Крім того, деякі обмеження Google, наприклад заборона на кешування результатів, можуть негативно вплинути на продуктивність програми.
- *Mapbox API*. Mapbox пропонує низку геопросторових API для створення власних карт, оптимізації маршрутів та відстеження в реальному часі. Розробники можуть створювати власні карти та інтегрувати їх у свої додатки. Одна з унікальних можливостей Mapbox — те, що багато з можливостей цього API можна використовувати без доступу до інтернету. Однак хоча Mapbox має спільноту розробників, вона має менше користувачів, ніж інші геопросторові API, що може ускладнити розробку додатків на основі цієї платформи і збільшити тривалість реалізації технологій.
- *OpenStreetMap (OSM) API*. OSM — це картографічна платформа з відкритим вихідним кодом. Можливості OSM API схожі на комерційні API — візуалізація даних, пряме та зворотне геокодування тощо. Основним недоліком цього рішення є те, що його карти покладаються на дані, надані волонтерами. З іншого боку, відкритість платформи означає, що навіть функціонал, який не передбачений самими розробниками (наприклад, маршрутизація), може бути допрацьований спільнотою, а українська карта підтримується активною волонтерською спільнотою OpenStreetMap Ukraine. Отже, цей API є очевидним

вибором для дослідницьких і некомерційних рішень або розробників, які хочуть використовувати відкриті картографічні дані.

**Висновки.** Геопросторові API, зокрема Google Maps, Mapbox та OpenStreetMap, пропонують низку можливостей, які дають компаніям змогу вдосконалювати свої логістичні процеси. За допомогою їх функціоналу — геокодування, візуалізації даних, роботи з маршрутами, відстежування в реальному часі тощо — розробники інформаційних технологій в галузі транспортування можуть суттєво покращити ефективність перевезень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Socharoentum M., Karimi H. A. A comparative analysis of routes generated by Web Mapping APIs. *Cartography and Geographic Information Science*. 2014. Vol. 42. № 1. Pp. 33–43. doi: <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.976656> (дата звернення: 21.08.2023).
2. The Comparative Research On 2D Web Mapping Open API for Designing Geo-Spatial Open Platform / W. G. Choi et al. *Journal of Korea Spatial Information Society*. 2014. Vol. 22. № 5. Pp. 87–98. doi: <https://doi.org/10.12672/ksis.2014.22.5.087> (дата звернення: 21.08.2023).
3. Naiudomthum S., Winijkul E., Sirisubtawee S. Near Real-Time Spatial and Temporal Distribution of Traffic Emissions in Bangkok Using Google Maps Application Program Interface. *Atmosphere*. 2022. Vol. 13. № 11. Pp. 1803. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos13111803> (дата звернення: 21.08.2023).
4. Google Maps Platform Documentation | Google for Developers. URL: <https://developers.google.com/maps/documentation> (дата звернення: 21.08.2023).
5. Documentation. Mapbox. URL: <https://docs.mapbox.com/> (дата звернення: 21.08.2023).
6. OpenStreetMap Україна – вільна мапа, покращувати яку може кожен! URL: <https://openstreetmap.org.ua/> (дата звернення: 21.08.2023).
7. Konduru B. Licious delivers high quality meat products to the doorstep with help from Google Maps Platform | Google Cloud Blog. URL: <https://cloud.google.com/blog/products/maps-platform/licious-delivers-high-quality-meat-products-doorstep-help-google-maps-platform> (дата звернення: 21.08.2023).

### REFERENCES

1. Socharoentum, M., & Karimi, H. A. (2014). A comparative analysis of routes generated by Web Mapping APIs. *Cartography and Geographic Information Science*, 42, 1, 33–43. doi: <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.976656> (data zvernennia: 21.08.2023) (in English).
2. Choi, W. G. et al. (2014). The Comparative Research On 2D Web Mapping Open API for Designing Geo-Spatial Open Platform. *Journal of Korea Spatial Information Society*, 22, 5, 87–98. doi: <https://doi.org/10.12672/ksis.2014.22.5.087> (data zvernennia: 21.08.2023) (in English).
3. Naiudomthum, S., Winijkul, E., & Sirisubtawee, S. (2022). Near Real-Time Spatial and Temporal Distribution of Traffic Emissions in Bangkok Using Google Maps Application Program Interface. *Atmosphere*, 13, 11, 1803. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos13111803> (data zvernennia: 21.08.2023) (in English).

4. Google Maps Platform Documentation | Google for Developers. Retrieved from <https://developers.google.com/maps/documentation> (data zvernennia: 21.08.2023) (in English).
5. Documentation. Mapbox. Retrieved from <https://docs.mapbox.com/> (data zvernennia: 21.08.2023) (in English).
6. OpenStreetMap Ukraina – vilna mapa, pokrashchuvaty yaku moze kozhen! Retrieved from <https://openstreetmap.org.ua/> (data zvernennia: 21.08.2023) (in Ukrainian).
7. Konduru, B. Licious delivers high quality meat products to the doorstep with help from Google Maps Platform | Google Cloud Blog. Retrieved from <https://cloud.google.com/blog/products/maps-platform/licious-delivers-high-quality-meat-products-doorstep-help-google-maps-platform> (data zvernennia: 21.08.2023) (in English).

doi: 10.32403/1998-6912-2023-2-67-69-76

## ANALYSIS OF GEOSPATIAL API FOR THE LOGISTICS TRANSPORTATION ORGANIZATION

R. S. Zatserkovna<sup>1</sup>, R. H. Zatserkovnyi<sup>2</sup>, V. S. Kostyrko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

<sup>2</sup>*Lviv University of Trade and Economics,  
10, Tuhan-Baranovskyi St., Lviv, 79008, Ukraine  
zatserkovna.r@gmail.com*

*In today's world, one of the most important types of information is geospatial data – information which describes geographical locations, objects and different phenomena on the surface of our planet. Information technologies based on geospatial data processing have become an integral part of modern life and are used for a number of important tasks by both individual users and large companies. These tasks include finding the fastest route to a destination, optimizing transportation and logistics, keeping track of travel times on a certain route and so forth.*

*Since developing a map of the entire world is a daunting task, most information technologies that use geospatial data are based on geospatial APIs (Application Programming Interfaces) maintained by either large companies or volunteer organizations. For the field of logistics, these APIs provide a number of features which are necessary for efficient route planning, real-time vehicle tracking, and statistical data collections. As there is a need to reduce fuel consumption and improve customer service grows, so is the demand for geospatial APIs. Both e-commerce platforms and industrial businesses rely on the accuracy and efficiency of features provided by them. Thus, choosing the right API is an important task a developer must address before starting to implement their software solution.*

*In this paper, the authors first explore the main concepts of geospatial data and information technologies based on geospatial data. They then provide an overview and a detailed description of the features implemented by major geospatial API providers – this includes geocoding, data visualization, routing and data layers. Finally, they provide motivation for the usage of these APIs in the field of logistics, and analyze the capabilities of several commonly used Web APIs: Google Maps, Mapbox and OpenStreetMap (OSM).*

**Keywords:** *geospatial data, logistics, information technologies, API, Google Maps, Mapbox, OSM.*

*Стаття надійшла до редакції 28.08.2023.*

*Received 28.08.2023.*