

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-28>

УДК: 004.9:528.9

Сверстюк Андрій Степанович¹, д.т.н., професор

<https://orcid.org/0000-0001-8644-0776>

Гузоватий Сергій Володимирович², магістр

¹ Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна

² Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КАРТОГРАФІЧНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ ІНТЕРАКТИВНИХ КАРТ ПРИ ВЕБРОЗРОБЦІ

Сверстюк А. С., Гузоватий С. В. Порівняльний аналіз картографічних сервісів для інтеграції інтерактивних карт при веброзробці. У статті досліджено ключові картографічні сервіси для інтеграції інтерактивних карт при веброзробці, зокрема Google Maps, Mapbox та рішення на базі OpenStreetMap. Актуальність роботи зумовлена необхідністю оптимального рішення для візуалізації просторових даних, оскільки невдалий вибір може призвести до зростання витрат, обмеження функціоналу та ускладнень у розробці. Встановлено, що основними проблемами для веброзробників є вибір між продуктами, які надають велику кількість різноманітних функцій або більш гнучкими рішеннями, які мають нижчу початкову вартість, але потребують додаткових навичок для реалізації. Метою дослідження є проведення порівняльного аналізу Google Maps, Mapbox та OpenStreetMap. У статті використано методи порівняльного аналізу функціональних можливостей, моделей ціноутворення, ліцензійних умов та легкості інтеграції. Процес інтеграції кожного сервісу продемонстровано на практичних прикладах коду з візуалізацією кінцевого результату. Результати показали, що Google Maps та Mapbox пропонують готові рішення з широким функціоналом, тоді як рішення на базі OpenStreetMap надають максимальну гнучкість, є безкоштовними, але вимагають інтеграції іноді платних сторонніх інструментів. Зроблено висновок, що вибір оптимального сервісу не є однозначним і залежить від пріоритетів проєкту: Google Maps підходить, коли потрібно великий спектр інтегрованих функцій, Mapbox – для завдань із високими вимогами до кастомізації, а OpenStreetMap – для проєктів з обмеженим бюджетом та потребою в гнучкості.

Ключові слова: картографічний сервіс, інтерактивна карта, веброзробка, інтеграція, Google Maps, Mapbox, OpenStreetMap, функціонал, ціноутворення.

Sverstiuk A., Huzovaty S. Comparative analysis of mapping services for integrating interactive maps in web development. This article explores key mapping services for integrating interactive maps in web development, focusing on Google Maps, Mapbox, and solutions based on OpenStreetMap. The relevance of the study stems from the need to select an optimal tool for spatial data visualization, as a poor choice can lead to increased costs, limited functionality, and development complications. It was found that the main challenge for developers lies in choosing between feature-rich commercial platforms and more flexible, lower-cost solutions that require additional technical skills to implement. The aim of the research is to conduct a comparative analysis of Google Maps, Mapbox, and OpenStreetMap. The study employs methods of comparative evaluation based on functionality, pricing models, licensing conditions, and ease of integration. The integration process of each service is demonstrated through practical code examples with visualized outputs. The results show that Google Maps and Mapbox offer out-of-the-box solutions with broad functionality, while OpenStreetMap provides maximum flexibility and is free of charge, though often reliant on the integration of third-party tools, some of which may be paid. The conclusion emphasizes that there is no universal solution the optimal choice depends on project priorities: Google Maps is suitable for applications requiring a wide range of integrated features, Mapbox is best for projects with high customization needs, and OpenStreetMap is ideal for low-budget solutions demanding flexibility.

Keywords: mapping service, interactive map, web development, integration, Google Maps, Mapbox, OpenStreetMap, functionality, pricing.

Постановка проблеми. Інтеграція інтерактивної карти може стати невід'ємною частиною проєкту, виступаючи потужним інструментом для візуалізації просторових даних, надання навігаційних функцій, відображення локацій бізнесу, реалізації логістичних рішень тощо. У веброзробці карти можна зустріти всюди, навіть на найпростіших сайтах часто реалізується HTML-елемент з місцезнаходженням компанії.

Якщо для створення сайту потрібне щось складніше, ніж місцезнаходження за допомогою точки на мапі, то така реалізація інтерактивної карти вимагає вибору та інтеграції відповідного картографічного сервісу. Основну нішу на ринку ПЗ для картографування займає Google Maps 82,3%, ще можна виділити Mapbox 4,65% та OpenStreetMap (OSM) 1,05% [1]. Також є Leaflet зі своїми 5,96%, це бібліотека, за допомогою якої можна розширити функціонал OSM. Незважаючи на явне лідерство Google Maps, сфера картографічних сервісів пропонує різноманіття рішень, які мають свої особливості, це стосується ціноутворення, гнучкості, функціоналу, складності інтеграції та підтримки, а також ліцензійні умови.

Невдалий вибір картографічного сервісу може призвести до збільшення витрат, ускладнення подальшої розробки та підтримки проєкту, обмеження функціоналу або погіршення

користувачького досвіду. Таким чином, перед компаніями, веб-розробниками постає проблема вибору оптимального рішення, що відповідало б технічним вимогам, бюджету та забезпечувало б найкращий користувачький досвід.

Аналіз досліджень. Досліджень у сфері картографічних сервісів існує багато та вони переважно висвітлюють окремі аспекти використання та порівняння. Значна частина робіт зосереджується на зручності використання та користувачькому досвіді. У статті [2] проводиться детальний аналіз дизайну, масштабу та зручності використання різних ПЗ для картографування, порівнюється візуалізація графічних елементів та загальна інтуїтивність інтерфейсу. Напрямок на користувачькому досвіді простежується у дослідженні [3] та роботі [4], яка присвячена ефективності картографічних сервісів в контексті графічного інтерфейсу користувача на різних пристроях. Ці дослідження є важливими для розуміння вимог до фінального вигляду та функціональності інтерактивної карти для користувача, проте вони, як правило, не заглиблюються у технічні та комерційні аспекти вибору та інтеграції сервісів, які використовуються розробниками для створення цих інтерфейсів.

Окремим напрямком досліджень є аналіз технічної продуктивності картографічних інструментів. Праці в цій категорії можуть порівнювати швидкість завантаження, рендеренгу та взаємодії з картами при роботі з різними типами даних або на різних пристроях. Наприклад, дослідження [5] проводило оцінку продуктивності популярних бібліотек Leaflet, OpenLayers та Mapbox GL JS при відображенні геоданих. Результати таких робіт надають об'єктивні дані про технічні можливості картографічних інструментів, що є цінним критерієм для розробників.

Крім того, існують багато робіт, де картографічні сервіси використовуються як інструмент для досліджень або реалізації рішень у специфічних предметних областях, але порівняльний аналіз самих сервісів не є основним фокусом таких праць [6].

Незважаючи на наявність цінних досліджень, що висвітлюють окремі аспекти картографічних сервісів, існуючі роботи часто не надають детального аналізу та порівняння за такими ключовими параметрами, як модель ціноутворення та реальна вартість використання для різних масштабів проєктів, нюанси ліцензування для комерційного використання, повнота та гнучкість API для типових та розширених функцій, легкість інтеграції. Значна частина досліджень фокусується на кінцевому продукті або вузьких технічних аспектах.

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу ключових картографічних рішень для інтеграції інтерактивних карт при веброзробці, зокрема Google Maps, Mapbox та OpenStreetMap. Основними критеріями є функціонал, модель ціноутворення, ліцензування та легкість інтеграції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Першим критерієм для порівняння є функціонал, що надають картографічні сервіси для типових завдань веброзробки. Google Maps надає широкий спектр функцій, інтегрованих у свою платформу через різні API. До них належать відображення базових карт з різними стилями, розширена робота з геометричними об'єктами (маркери, лінії, полігони), геокодування, побудова маршрутів та розрахунок відстаней, інструменти для стилізації карти.

Mapbox також пропонує багатий вибір вбудованих функцій, сильні сторони якого включають гнучку кастомну стилізацію карт, ефективну роботу з векторними мапами, інструменти для візуалізації даних, а також API для геокодування та побудови маршрутів.

Розглядаючи функціонал OpenStreetMap, важливо зазначити, що це є некомерційний проєкт та джерело географічних даних. Для відображення цих даних та базової взаємодії часто використовується JavaScript-бібліотека Leaflet або OpenLayers. Більшість розширених функцій таких як геокодування, побудова маршрутів тощо, реалізуються за допомогою сторонніх бібліотек або сервісів. Таким чином, такий підхід надає велику гнучкість у виборі, але вимагає додаткових навичок від розробника.

Наступним ключовим критерієм для порівняння є модель ціноутворення та потенційна вартість використання картографічного сервісу. Google Maps працює за моделлю pay-as-you-go, де вартість залежить від кількості запитів до API, при цьому надається щомісячний безкоштовний кредит у розмірі \$200, який можна використовувати для оплати більшості їхнього API. Після перевищення щомісячного кредиту, їх послуги стають платними, вартість обраховується за кожні 1000 запитів та тип API (Dynamic Maps, Static Maps, Map Tiles API, Routes API). При зростанні кількості користувачів та інтенсивності використання платних API, вартість може суттєво зростати, що вимагає ретельного моніторингу.

Марбох пропонує подібну модель ціноутворення, яка може базуватися на завантаження карти, кількості запитів API, або активних користувачах в місяць. Безкоштовні послуги надаються для кожного типу використання окремо (1000 активних користувачів, 50000 завантажень карти, 100000 API для побудови маршрутів). Вартість платних послуг також обраховується за кожних 1000 запитів. Марбох часто сприймають як більш передбачуваний та потенційно дешевший за Google Maps для певних сценаріїв використання та великих обсягів.

Рішення на базі OpenStreetMap, мають принципово іншу модель. Самі геодані є відкритими та безкоштовними, а для базового відображення та взаємодії використовуються бібліотеки, які теж є безкоштовними. Витрати виникають при необхідності використання розширених функцій. Наприклад для отримання можливостей геокодування та побудови маршрутів на комерційному рівні, необхідно залучати сторонні, часто платні, сервіси.

Наступним критерієм є ліцензування, яке визначає юридичні умови використання сервісів, особливо у комерційних проєктах. Google Maps має комерційні умови використання, які вимагають відображення карти через їхні API і можуть містити обмеження на зберігання даних або використання певних функцій без ліцензії Enterprise (корпоративний план).

Марбох також має комерційну ліцензію, умови якої залежать від конкретного продукту та плану використання, але є гнучкішим у плані кастомізації та використання власних даних. Для обох комерційних сервісів зазвичай вимагається зазначення атрибуції.

OpenStreetMap має відкриту ліцензію, яка дозволяє вільно копіювати, поширювати та адаптувати дані, але вимагає обов'язкового зазначення атрибуції. Якщо брати бібліотеку Leaflet, то вона не накладає суворих обмежень, крім збереження інформації про авторські права.

Легкість інтеграції буде порівнюватись на простому відображенні карти та створенню маркера на мапі. Щоб розробнику додати на сайт Google Maps потрібно:

- створити проєкт у Google Cloud Console;
- прив'язати до акаунту платіжний засіб;
- підключити до проєкту Google Maps JavaScript API та отримати ключ;
- підключити бібліотеки для відображення мапи та створення маркерів на веб-сторінку, це робиться через HTML-тег «script» в якому обов'язково потрібно вказати раніше отриманий API ключ;
- ініціалізувати мапу та створити маркер, вказавши потрібні координати. Код реалізації Google Maps продемонстровано в лістингу 1 та його результат зображено на рисунку 1.

Лістинг 1 – Код реалізації Google Maps

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Googlemaps</title>
  <script
    src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=API_KEY&loading=async
    &libraries=maps&v=beta&libraries=marker"
    defer>
  </script>
</head>
<body>
  <gmp-map center="51.289403292411464, 25.540115627597636" zoom="12"
  map-id="803555826bcb4fafb208364c"
  style="height: 400px">
    <gmp-advanced-marker position="51.28708380549945, 25.54111811412726"
    title="Manevichi"></gmp-advanced-marker></gmp-map>
  </body>
</html>
```

кінець лістингу 1



Рис. 1. Результат коду Google Maps

Щоб розробнику додати на сайт Mapbox потрібно:

- створити акаунт на їхньому сайті, де потрібно теж прив'язати платіжний засіб;
- скопіювати Access Token;
- підключити CSS та JavaScript бібліотеку Mapbox GL JS на веб-сторінку через теги «link» та «script»;

- ініціалізувати мапу та створити маркер, вказавши Access Token та потрібні координати.

Код реалізації Mapbox продемонстровано в лістингу 2 та його результат зображено на рисунку 2.

Лістинг 2 – Код реалізації Mapbox

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Mapbox</title>
  <meta name="viewport" content="initial-scale=1,maximum-scale=1,
user-scalable=no">
  <link href="https://api.mapbox.com/mapbox-gl-js/v3.12.0/mapbox-gl.css"
rel="stylesheet">
  <script src="https://api.mapbox.com/mapbox-gl-js/v3.12.0/mapbox-gl.js">
</script>
  <style> #map { height: 400px;} </style>
</head>
<body>
  <div id="map"></div>
  <script>
    mapboxgl.accessToken = "Access_Token";
    const map = new mapboxgl.Map({
      container: "map",
      style: "mapbox://styles/mapbox/streets-v12",
      center: [25.540115627597636, 51.289403292411464],
      zoom: 12
    });
    const marker1 = new mapboxgl.Marker()
      .setLngLat([25.54111811412726, 51.28708380549945])
      .addTo(map);
  </script>
</body>
</html>
```

кінець лістингу 2



Рис. 2. Результат коду Mapbox

Рішення на базі OpenStreetMap дещо відрізняється, не потрібно створювати акаунт та використовувати ключі. Для реалізації залучено бібліотеку Leaflet, яка є безкоштовною. Тому розробнику потрібно здійснити наступні кроки:

- підключити CSS та JavaScript бібліотеку Leaflet на веб-сторінку через теги «link» та «script»;
- ініціалізувати мапу та додати шар тайлів, щоб відобразити карту від OSM, і після цього створити маркер. Код реалізації Leaflet (OSM) продемонстровано в лістингу 3 та його результат зображено на рисунку 3.

Лістинг 3 – Код реалізації Leaflet (OSM)

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>OpenStreetMap</title>
  <link rel="stylesheet"
href="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.css"
integrity="sha256-p4NxAoJBhIIN+hmNHzRCf9tD/miZyoHS5obTRR9BMY="
crossorigin="" />
  <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.9.4/dist/leaflet.js"
integrity="sha256-20nQCchB9co0qIjJZRGuk2/Z9VM+kNiyxNV1lvTlZBo="
crossorigin=""></script>
  <style> #map { height: 400px;} </style>
</head>
<body>
  <div id="map"></div>
  <script>
    var map = L.map('map')
    .setView([51.289403292411464, 25.540115627597636], 12);
    L.tileLayer('https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
      maxZoom: 19,
      attribution: '&copy;';
    <a href="http://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>'
    }).addTo(map);
    var marker =
    L.marker([51.28708380549945, 25.54111811412726]).addTo(map);
  </script>
</body>
</html>
```

кінець лістингу 3

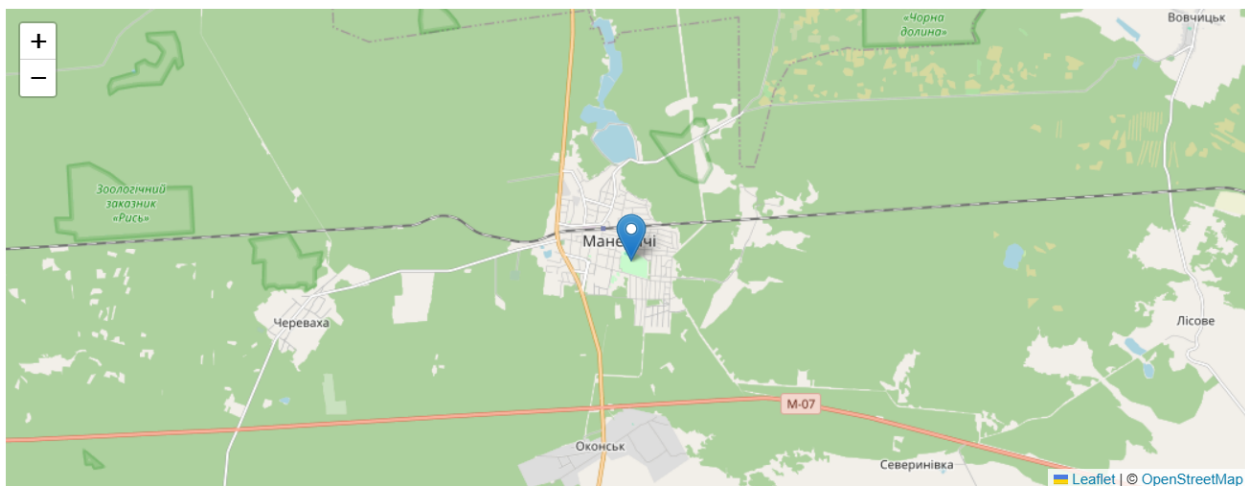


Рис. 3. Результат коду Leaflet (OSM)

Висновки та перспективи подальших досліджень. У даній статті проведено порівняльний аналіз ключових картографічних рішень інтерактивних карт при веброзробці: Google Maps, Mapbox та OpenStreetMap за критеріями функціоналу, моделі ціноутворення, ліцензування та легкості інтеграції.

Виявлено, що Google Maps та Mapbox пропонують рішення з широким спектром вбудованих функцій через свої платформи та API, покриваючи більшість типових потреб веброзробки. Тоді як OpenStreetMap потребує сторонніх інструментів навіть для відображення та базової взаємодії.

Порівняння моделей ціноутворення виявило, що Google Maps та Mapbox працюють за принципом pay-as-you-go з різними безкоштовними рівнями та тарифікацією за використання конкретних API або послуг. Витрати при використанні цих рішень масштабуються із зростанням навантаження. OpenStreetMap є безкоштовним, але вимагає врахування витрат за використання платних сторонніх сервісів, які надають розширений функціонал.

Google Maps та Mapbox використовують комерційну ліцензію з необхідністю дотримання умов використання та зазначення атрибуції. Дані OpenStreetMap поширюються під вільною ліцензією з обов'язковою атрибуцією, це стає привабливим вибором для проєктів з відкритим кодом.

Легкість інтеграції продемонстровано для 3 картографічних сервісів, поетапно з прикладами коду та його результатом. Оцінка показала, що Leaflet (OSM) вирізняється найнижчим порогом входу, тоді як Google Maps та Mapbox вимагають більше початкових кроків.

Загалом, вибір оптимального картографічного рішення для веброзробки не має однозначної відповіді і залежить від пріоритетів та специфічних потреб конкретного проєкту. Google Maps може бути кращим для проєктів, що потребують широкого спектру інтегрованих функцій та мають бюджет, готовий до масштабування за запитами. Mapbox підходить для проєктів з високими вимогами до кастомізації, роботи з векторними даними та може бути вигіднішим на великих обсягах. Рішення на базі OpenStreetMap є оптимальними для проєктів з обмеженим бюджетом, високими вимогами до гнучкості та готовністю інтегрувати різні компоненти для отримання необхідного функціоналу.

Подальші дослідження можуть розширювати цю тему, це стосується детального порівняння реалізації та продуктивності конкретних функціональних можливостей картографічних сервісів, так як у даній роботі було надано лише огляд функціоналу. Також можна проводити аналіз менш відомих рішень для вебкартографії.

Список бібліографічного опису:

1. Mapping and GIS Market Share Report | Competitor Analysis | Google Maps API, Google Maps API (free), Leaflet. URL: <https://surl.li/wnnrgz> (дата звернення: 29.04.2025).
2. Zejdlik J., Vozenilek V. Exploring Cartographic Differences in Web Map Applications: Evaluating Design, Scale, and Usability. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2024. Т. 14, № 1. С. 9.
3. Cybulski P., Horbiński T. User Experience in Using Graphical User Interfaces of Web Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020. Vol. 9, no. 7. P. 412.
4. Horbiński T., Cybulski P., Medyńska-Gulij B. Web Map Effectiveness in the Responsive Context of the Graphical User Interface. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021. Vol. 10, no. 3. P. 134.

5. Evaluating the Performance of Three Popular Web Mapping Libraries: A Case Study Using Argentina's Life Quality Index / A. Zunino et al. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020. Vol. 9, no. 10. P. 563.
6. Cohen A., Dalyot S. Route planning for blind pedestrians using OpenStreetMap. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2020. P. 239980832093390.

References:

1. Mapping and GIS Market Share Report | Competitor Analysis | Google Maps API, Google Maps API (free), Leaflet. URL: <https://surl.li/wnnrgz> (accessed: 29.04.2025).
2. Zejdlik J., Vozenilek V. Exploring Cartographic Differences in Web Map Applications: Evaluating Design, Scale, and Usability. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2024. T. 14, № 1. C. 9.
3. Cybulski P., Horbiński T. User Experience in Using Graphical User Interfaces of Web Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020. Vol. 9, no. 7. P. 412.
4. Horbiński T., Cybulski P., Medyńska-Gulij B. Web Map Effectiveness in the Responsive Context of the Graphical User Interface. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021. Vol. 10, no. 3. P. 134.
5. Evaluating the Performance of Three Popular Web Mapping Libraries: A Case Study Using Argentina's Life Quality Index / A. Zunino et al. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020. Vol. 9, no. 10. P. 563.
6. Cohen A., Dalyot S. Route planning for blind pedestrians using OpenStreetMap. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2020. P. 239980832093390.