

УДК 004.6

О. М. Ткаченко, В. В. Козятник

Національний університет біоресурсів і природокористування України

## ВЕБ-ОРІЄНТОВАНИЙ ГЕОПРОСТОРОВИЙ СЕРВІС РОЗКЛАДУ РУХУ РЕГІОНАЛЬНОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

**Ткаченко О. М., Козятник В. В. Веб-орієнтований геопросторовий сервіс розкладу руху регіонального громадського транспорту.** У статті запропоновано веб-орієнтований сервіс пошуку інформації про маршрути приміського громадського транспорту з використанням OpenStreetMap для Київського регіону.

**Ключові слова:** геопросторовий, веб, сервіс, регіональний, громадський, транспорт, розклад.

**Ткаченко А. Н., Козятник В. В. Веб-ориентированный геопространственный сервис расписания движения регионального общественного транспорта.** В статье предложен веб-ориентированный сервис поиска информации о маршрутах пригородного общественного транспорта с использованием OpenStreetMap для Киевского региона.

**Ключевые слова:** геопространственный, веб, сервис, региональный, общественный, транспорт, расписание.

**Oleksii M. Tkachenko, Vladyslav V. Koziatnyk. WEB-based geospatial service for regional public transportation schedule.** The article proposes a web-based service for searching information about suburban public transport routes using OpenStreetMap for the Kyiv region.

**Keywords:** geospatial, web, service, regional, public, transportation, schedule.

**Постановка проблеми.** Поширення протягом останніх майже 20 років швидкісних мереж обумовило нові можливості для передачі даних великого обсягу, зокрема, відео- та геопросторових даних. З моменту запуску сервіс Google Maps швидко став популярним і залишається таким і нині [1]. Паралельно з цим розвивались мобільні технології комунікацій, що у поєднанні з запуском мобільних мереж 3-го і 4-го поколінь та сучасних мобільних операційних систем зробило свого часу доступними картографічні сервіси буквально "в кишені" користувачів. Рис. 1 демонструє світову динаміку популярності запитів "google map" (верхній графік) і "smartphone" в пошуковій системі Google.

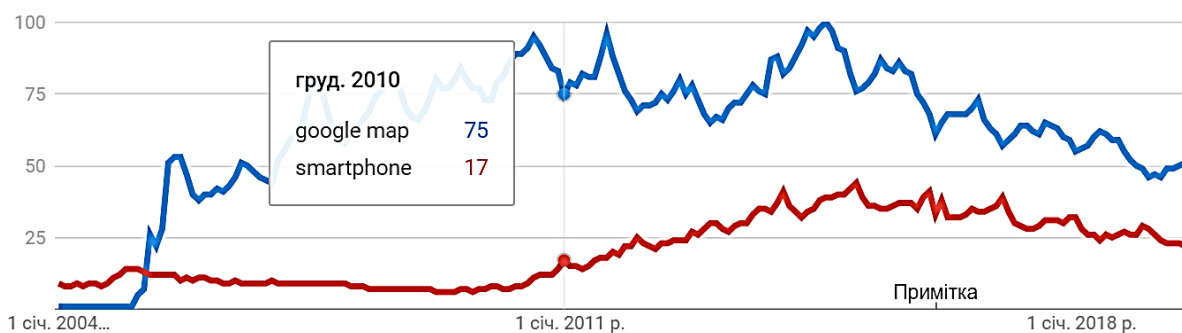


Рис. 1. Динаміка кількості запитів "google map" (верхній графік) і "smartphone" у світі з січня 2014 р. по липень 2019 р. Джерело: Google Trends, 04.07.2019.

Графік демонструє принаймні дві закономірності. Перша – зростання і стабільний запит на картографічні сервіси. Друга – співпадіння локального (грудневих, починаючи з 2010 р.) зниження попиту на "google map" і одночасно зростання попиту на "smartphone", що свідчить про зростання новорічних продажів смартфонів та нові мобільні можливості використання картографічних сервісів, доступні на нових смартфонах за замовченням або у репозиторії мобільних застосунків.

Однією з передумов популярності Google Maps та подібних систем є надання вендорами доступу розробникам до їх API, що відкриває можливості їх корпоративного використання та появи спеціалізованих геопросторових онлайн сервісів, завершених продуктів, зокрема, мобільних [2-3]. Серед спектру геопросторових задач однією з найбільш затребуваних є задача прокладання оптимального (за різними критеріями) маршруту на карті та отримання інформації про можливості руху до потрібної точки засобами громадського транспорту, зокрема, за межами крупних міст.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика автоматизації транспортної логістики має витоки ще з класичних задач лінійної алгебри, дискретної математики [4] тощо. Дослідження

останніх років більше орієнтовані на вирішення практичних задач. Наприклад, ще у [5] запропоновано оптимізацію транспортної логістики для фіксованого графіку та з часовими вікнами. У [6-8] висвітлено основні проблеми і результати досліджень у сфері комп'ютеризації логістики громадського транспорту в різних країнах, у т. ч. можливості оптимального поєднання роботи масових перевезень муніципальним і приватним транспортом. У ряді публікацій [9] висвітлюються підходи до оптимізації з використанням технологій, які відносять до "Інтернету речей". Спектр досліджень також охоплює проблематику транспортної логістики у питаннях охорони здоров'я [10], екологічності перевезень [11], можливостей інтеграції в комплексні системи підтримки прийняття рішень у різних напрямках природокористування [12-14].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Якщо для крупних міст задачі маршрутизації на базі громадського транспорту загалом реалізовані, то для віддалених регіонів і навіть зон агломерації користувачам такі сервіси доступні не в повному обсязі. Наприклад, ряд зупинок у приміських населених пунктах не названі (назви замінені на "за вимогою" чи взагалі відсутні), немає внутрішніх маршрутів в межах та ін.

Крім того, сам монополіст Google у 2018 р. дещо ускладнив роботу розробникам, запровадивши нову цінову політику щодо використання Google Maps API. З огляду на це, актуальним залишається не тільки розробка сервісів маршрутизації на регіональному громадському транспорті, а й вибір функціональної і водночас доступної геопросторової платформи.

**Мето дослідження** є визначення прийнятних методів та інструментів, а також розробка веб-орієнтованого програмного сервісу (з оптимізацією роботи на мобільних пристроях), який надає користувачам, відповідно до їх запитів, зображення маршрутів на карті, деталізовані дані з інформацією про зупинки і місця пересадок, розклад руху та вартість на внутрішніх і зовнішніх маршрутах для невеликих поселень на прикладі м. Боярка Київської області.

**Виклад основного матеріалу.** До введення в дію нових білінгових правил Google було розроблено веб-орієнтовану систему для пошуку маршруту з деталізованою базою зупинок – як внутрішніх, так і зовнішніх маршрутів Києва і околиць. Сервіс виводить сформований маршрут на карті Google Maps, дозволяє розраховувати тривалість, ціну проїзду, а також виводити розклад відправлень громадського транспорту за певним маршрутом (рис. 2).

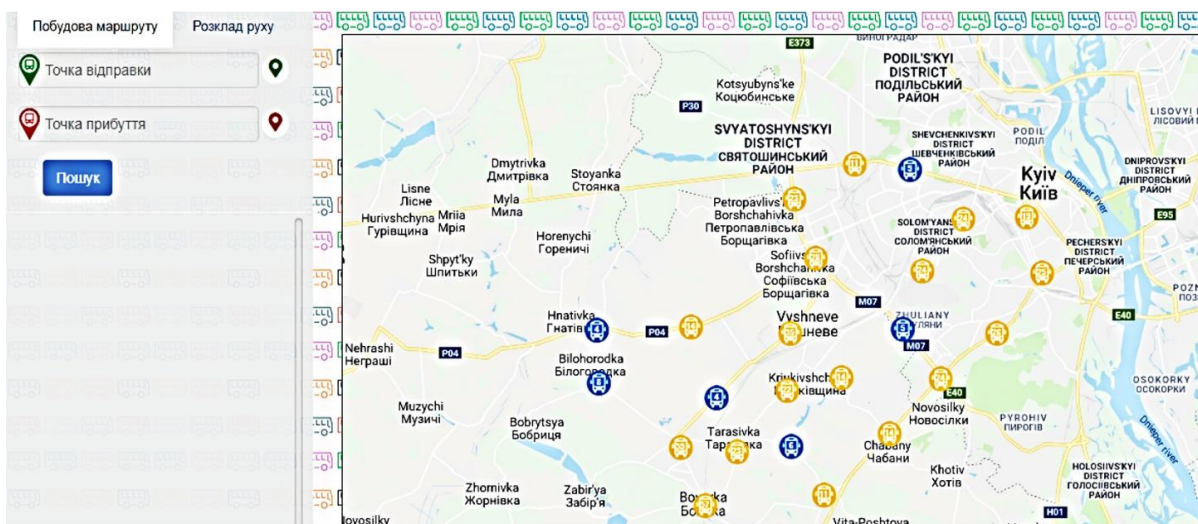


Рис. 2. Вікно програми розкладу громадського транспорту біля Києва на базі Google Maps

OpenStreetMap (OSM) – веб-орієнтований картографічний проект, який нині розвивається силами спільноти. Вибір цієї платформи, як альтернативи Google Maps, обумовлений хорошим поєднанням функціоналу та фінансовими умовами. Геопросторові дані OSM ліцензуються на умовах Open Database License, що дозволяє їх використання з будь-якою, у т.ч. комерційною, метою, за умови зазначення походження даних. Документація, згенеровані тайли (зображення, які візуалізують геопросторові дані на головному сайті проекту OSM) поширюються на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 (CC-BY-SA). На відміну від власницьких технологій, таких як Google Maps, ліцензія OSM гарантує вільний доступ до даних.

OSM пропонує чотири різні стилі (шари) мап, для показу яких використовується leaflet.js [15] – відкрита JavaScript-бібліотека, призначення якої – відображення OSM на веб-сторінці. Бібліотека коректно та адаптивно працює на десктопах і мобільних пристроях, де є підтримка HTML5 і CSS3.

Архітектура системи включає такі складові:

- Клієнт – веб-браузер або мобільний клієнт;
- Сервер прикладного рівня – приймає запити від клієнта, обробляє їх, за необхідністю звертаються до бази даних, після чого відправляє інформацію користувачу;
- Сервер БД;
- База даних;
- Підсистема аналізу – програмний модуль для аналізу даних про користувацькі запити.

Пошук маршруту здійснюється з двома опціями: без пересадки і з пересадкою. Для довільної опції спочатку вводяться або обираються на карті початок і кінець маршруту. Потім програма здійснює пошук маршрутів, які проходять через ці точки (зупинки). Якщо ці дві точки належать одному і тому ж маршруту, інформація про нього та інші подібні виводиться на екран як про маршрути без пересадок. В іншому випадку система шукає дані про маршрути, що проходять через ці зупинки, та звіряє з даними таблиці Transfer, яка містить інформацію про пересадки. На екран виводяться знайдені маршрути або повідомлення про їх відсутність. Блок-схема пошуку маршруту представлена на рис. 3.

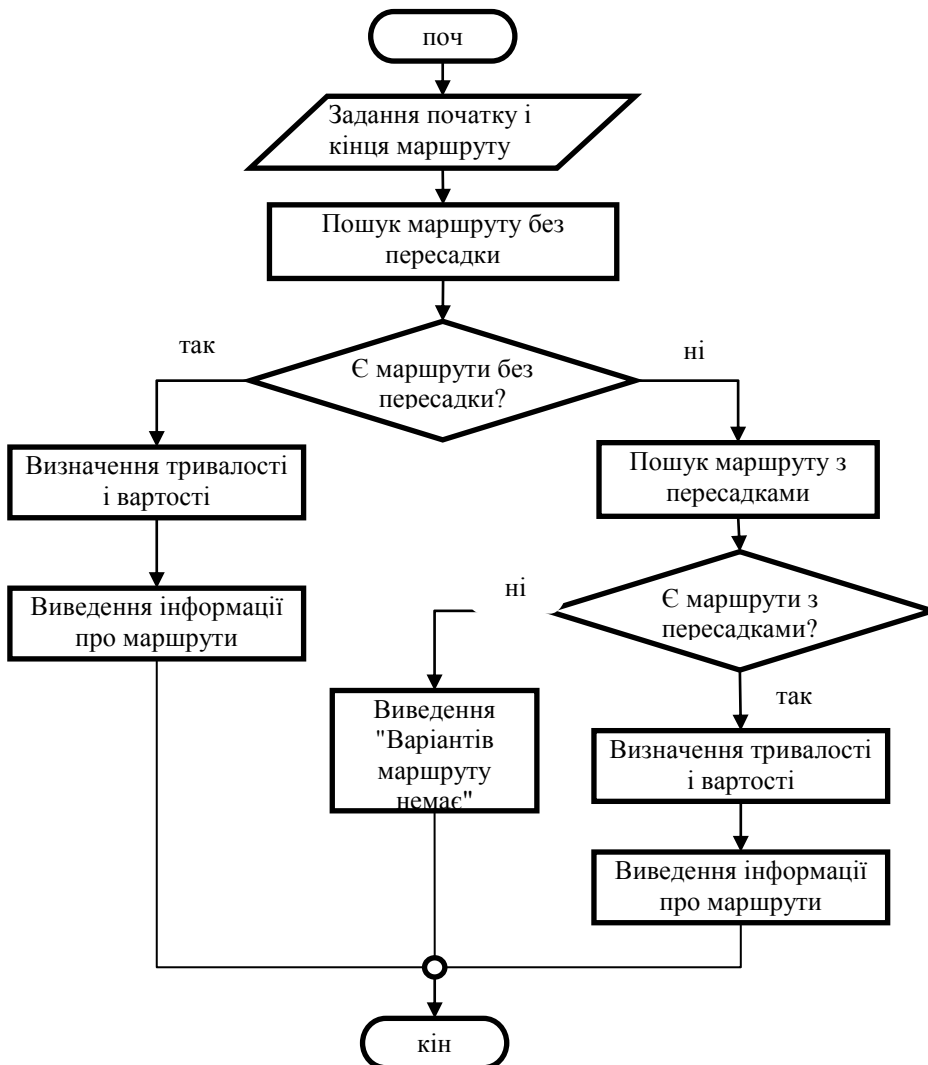


Рис. 3. Загальна блок-схема процесу пошуку маршруту з пересадками і без.

Однією із основних функцій даної системи є виведення розкладу відправлень за певним маршрутом і напрямом. Для цього у вікні програми виділено спеціальний блок, за допомогою якого можна швидко і зручно отримати час відправлення та інформацію про маршрут. Для більшої

зручності маршрути для обраного міста відсортовані. Користувач обирає маршрут, який його цікавить, і система виводить дані про відправлення та візуалізує маршрут на карті.

Програмні методи, які реалізують зазначений функціонал:

- `showCity()` – ініціалізується при завантаженні сторінки, виводить список міст із відсортованим за номерами списком маршрутів; метод також використовується для виклику процедури вилучення міст із бази даних;
- `showNumbers()` – приймає аргумент з методу `showCity()`, за яким виводяться номери маршрутів, що проходять через обране місто; за допомогою цього методу викликається процедура вилучення маршрутів із бази даних за обраним містом;
- `showDirection()` – за обраним маршрутом демонструються напрями; за допомогою цього методу викликається процедура вилучення напрямків із бази за обраним маршрутом;
- `showTimeDeparture()` – виводить час відправлень за обраним маршрутом та його напрямом; за допомогою цього методу також викликається процедура вилучення часу відправлень;
- `showInfoAboutRoute()` – демонструє інформацію про маршрут; за допомогою цього методу також викликається процедура вилучення інформації про маршрут.

Блок-схема отримання розкладу відправлень подана на рис. 4.

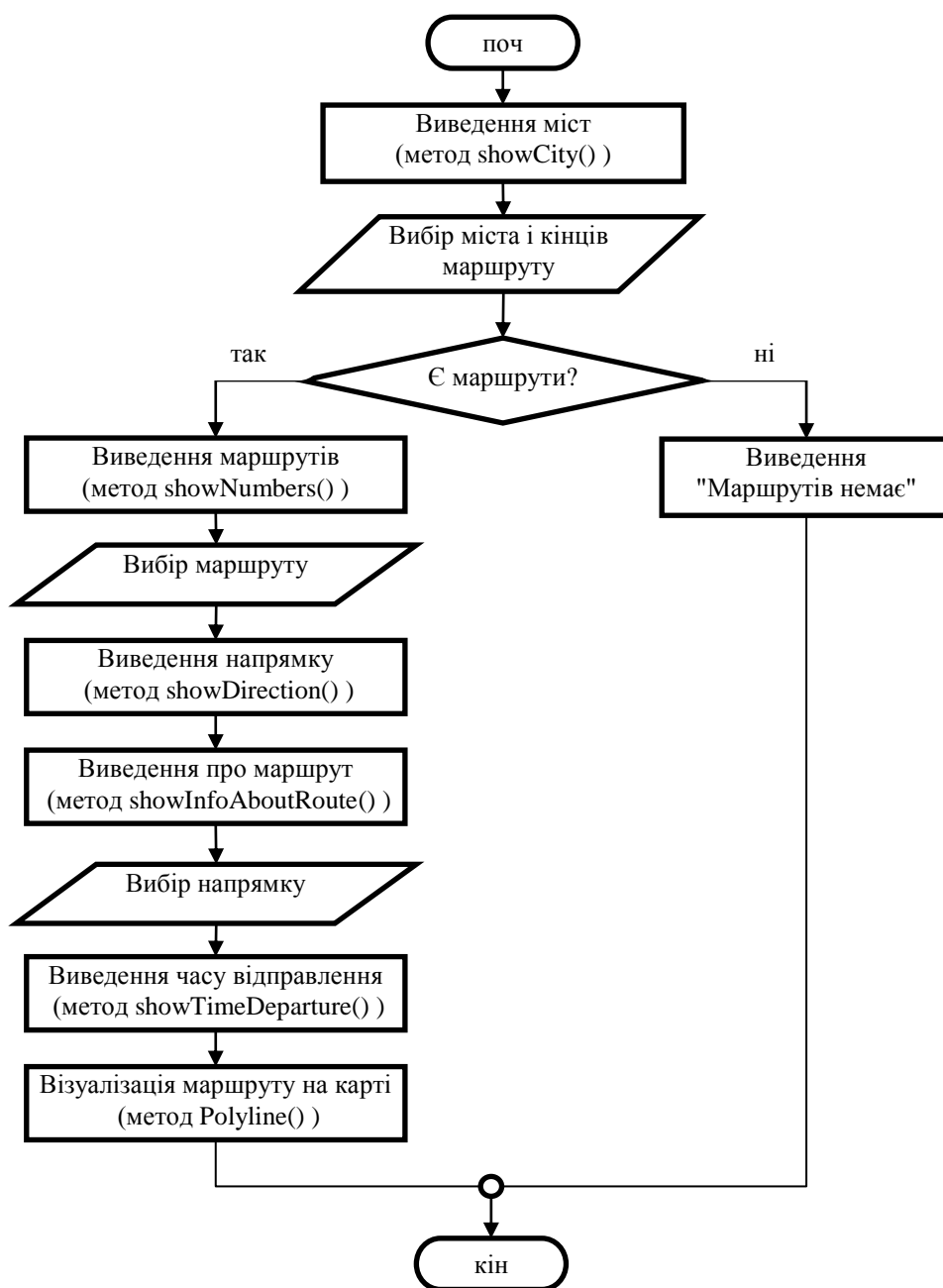


Рис. 4. Блок-схема отримання розкладу відправлень.



У процесі розробки були використані технології: HTML5, CSS3, PHP, JavaScript, JQuery, MySQL, фреймворк Bootstrap та ін. Фрагмент роботи з OSM представлено на рис. 5.

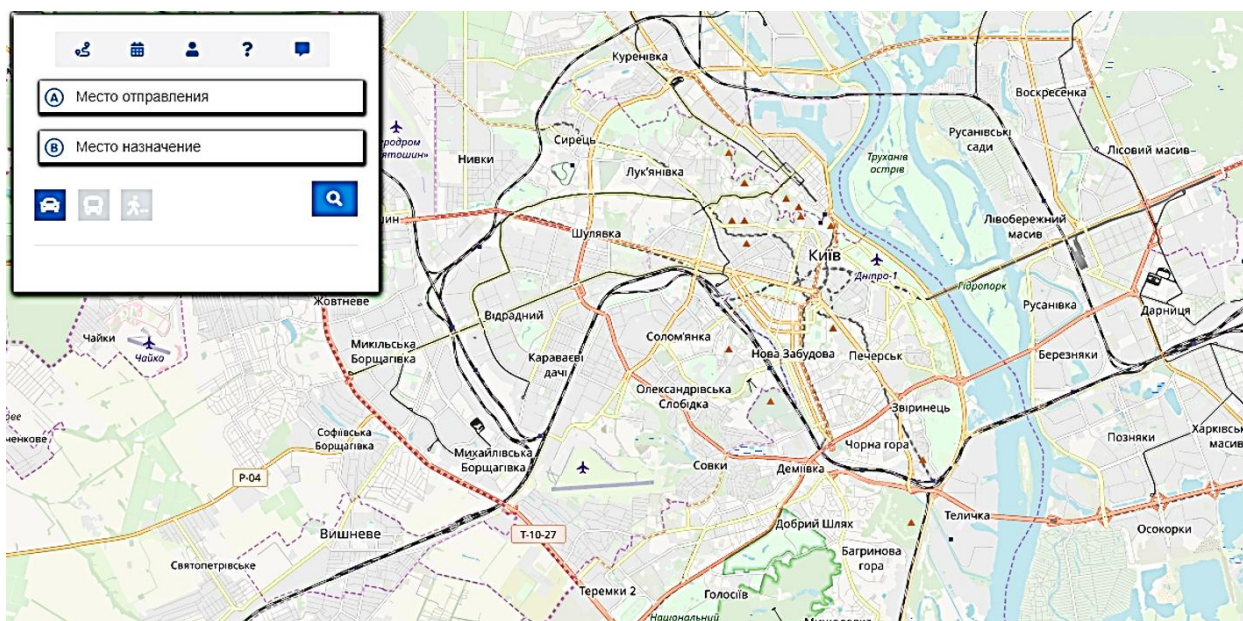


Рис. 5. Вікно програми розкладу громадського транспорту біля Києва на базі OSM.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Враховуючи інтенсивність пасажирського трафіку у приміській зоні великих міст та наявність інфраструктури мобільних мереж швидкісної передачі даних, задача розробки доступних регіональних геопросторових сервісів для персональної маршрутизації ще довго не втрачатиме актуальності. Запропонована у статті система дозволяє клієнтам з невеликих міст (на прикладі Київського регіону) отримати інформацію про регіональні маршрути громадського транспорту, зокрема, про наявність маршрутів з пересадками і без, про орієнтовну тривалість і вартість поїздки, у т.ч. в розрізі напрямків/субрегіонів і днів тижня. Використання відкритої платформи OpenStreetMap забезпечує розробників та користувачів від надлишкових фінансових витрат (прямих і непрямих). Запропонована архітектура системи гарантує її кросплатформність. Використано модулі автентифікації, підтримки сесій, здійснення візуалізації маршрутів на карті та ін.

Нині ведеться розробка модуля аналізу даних про запити і використання маршрутів, що дозволить виробити рекомендації щодо оптимізації режиму роботи приміського громадського транспорту за окремими напрямками, а також персоналізувати роботу сервісу для окремих клієнтів. Подальші роботи над системою передбачають наповнення бази маршрутів Київського регіону, створення служби маршрутизації для інших режимів: автомобіль, пішки, велосипед і комбінованих. Передбачається також створення програмних клієнтів для популярних мобільних операційних систем.

## Reference

1. Riley Panko. The Popularity of Google Maps: Trends in Navigation Apps in 2018. URL: <https://themanifest.com/app-development/popularity-google-maps-trends-navigation-apps-2018> (дата звернення: 04.07.2019)
2. Kailla Coomes. The best navigation apps for Android and iOS. URL: <https://www.digitaltrends.com/mobile/best-navigation-apps/> (дата звернення: 04.07.2019)
3. Dan Collins. 10 Best GPS Apps in 2019. URL: <https://www.carbibles.com/best-gps-apps/> (дата звернення: 04.07.2019)
4. Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische mathematik*, 1(1), 269-271.
5. Desrosiers, J., Dumas, Y., Solomon, M. M., & Soumis, F. (1995). Time constrained routing and scheduling. *Handbooks in operations research and management science*, 8, 35-139.
6. Voss, S. (2001). *Computer-aided scheduling of public transport* (Vol. 505). Springer Science & Business Media.
7. Schrieck, M., Pflügler, C., Setzke, D. S., Wiesche, M., & Krcmar, H. (2018). Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In *Digital Marketplaces Unleashed* (pp. 479-489). Springer, Berlin, Heidelberg.
8. Campbell, A. M., & Woensel, T. V. (2019). Special issue on recent advances in urban transport and logistics through optimization and analytics. *Transportation Science*, 53(1), 1-5.
9. Patel, D., Narmawala, Z., Tanwar, S., & Singh, P. K. (2019). A Systematic Review on Scheduling Public Transport Using IoT as Tool. In *Smart Innovations in Communication and Computational Sciences* (pp. 39-48). Springer, Singapore.

10. Fikar, C., & Hirsch, P. (2018). Evaluation of trip and car sharing concepts for home health care services. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 30(1-2), 78-97.
11. Rao, A., Cao, Z., & Klanner, F. (2018). A Simulation Environment for Evaluation of Routing Algorithms for Improvement of Electromobility Related Services. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 10(1), 133-144.
12. Terribile, F., Agrillo, A., Bonfante, A., Buscemi, G., Colandrea, M., D'Antonio, A., De Mascellis, R., De Michele, C., Langella, G., Manna, P., Marotta, L., Mileti, F.A., Minieri, Orefice, N., Valentini, S., Vingiani, S., Basile, A. (2015). A Web-based spatial decision supporting system for land management and soil conservation. *Solid Earth*, 6, 903–928. doi:10.5194/se-6-903-2015.
13. Yazdani, M., Zarate, P., Coulibaly, A., & Zavadskas, E. K. (2017). A group decision making support system in logistics and supply chain management. *Expert Systems with Applications*, 88, 376-392.
14. Ткаченко, О. М. (2013). Геопросторова складова інформаційно-аналітичної системи у галузі рослинництва. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, (184 (1)), 150-157.
15. Leaflet – an open-source JavaScript library for interactive. URL: <https://leafletjs.com/> (дата звернення: 15.07.2019)