

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ЖИТЕЛІВ МІСТА

© Демчук І., 2017

**Запропоновано модель формування матриці кореспонденцій жителів міста між зонами дії антен стільникового зв'язку та вибору альтернативних варіантів маршрутів громадського транспорту, що сполучають ці зони.**

**Ключові слова:** матриця кореспонденцій, матриця маршрутів, стільниковий зв'язок, транзакції абонентів.

**A model of forming a matrix residents of correspondence between pairs of zones action cellular antennas and matrix of alternative public transport routes that connect them was offered.**

**Key words:** matrix correspondence, matrix routes, cell phones, customer transactions.

### Вступ

Для ефективних управлінських рішень в організації та експлуатації мережі громадського транспорту визначальною є постійна інформація про пасажиропотоки у межах території, яка нею охоплюється. Цю інформацію використовують як для підвищення рівня обслуговування поточних користувачів послуг громадського транспорту (оновлення розкладів руху з пропозицією максимальної зручності для користувачів), так і для залучення додаткових споживачів цього обслуговування (підлаштування громадського транспорту під пересування, які здійснюються іншими видами транспорту).

Пасажиропотоки формуються на основі попередніх досліджень кореспонденцій пересувань жителів міста. У більшості випадків попит населення на пересування з різною метою формується у вигляді матриць кореспонденцій (МК) – кількісної характеристики пересувань у межах території планування, елементами якої є обсяги пересувань (наприклад, автомобілів чи пасажирів за годину) між кожною парою умовних транспортних зон. Сучасні наукові дослідження закономірностей пересування населення ґрунтуються переважно на статистичних матеріалах [1–3]. Існують прямі методи отримання матриці через анкетні опитування мешканців міста (потребують багато часу, коштів та залежать від бажання людей брати участь в опитуванні) [4, 5] і непрямі, що передбачають розрахунок МК через обсяги відправлень і прибуття транспортних засобів з використанням моделей розподілу пересувань між парами транспортних зон [5–7].

З метою отримання достатніх обсягів вірогідної інформації про пересування населення громадським транспортом (автобусами, трамваями, тролейбусами) потрібно залучати велику кількість дослідників та експертів, витрачаючи великі кошти та час. Крім цього, для адекватного оцінювання зміни обсягів пересувань упродовж, наприклад, року для вдосконалення системи міського пасажирського транспорту такі дослідження потрібно проводити як мінімум 2 рази на рік. З метою економії на практиці обмежуються періодичністю 1 раз на 2 роки, що відображається на незадоволенні попиту на перевезення, зокрема видозміні маршрутів, невідповідності пасажиромісткості автобусів та інтервалу руху їх на маршрутах. Це, звісно, відбувається і на комфорті перевезення, і на стані пасажирів.

Зважаючи на останні закордонні публікації в галузі використання масивів інформації про транзакції абонентів стільникового зв'язку у дослідженнях як соціальних, так і гуманітарних та

технічних наук [8,9], а також вітчизняних спроб використання sms-повідомлень для потреб визначення ефективності маршрутів громадського транспорту [10], зроблено спробу створити перспективну модель формування матриць кореспонденцій на основі даних операторів стільникового зв'язку. Усю сукупність збирання і опрацювання масивів даних у цій моделі розглянуто з позицій інформаційних технологій.

### Опис запропонованої методики

У плані мінімізації трудових ресурсів, грошових витрат та часу на дослідження пасажиро-потоків і опрацювання результатів запропоновано модель створення матриці кореспонденцій пасажирів з використанням масивів даних пересування користувачів стільникового зв'язку. Зазначимо, що *кореспонденцією пересувань* мешканців міста з зони дії антени  $A_n$  у зону дії антени  $A_k$  називається вибірка користувачів, яких зафіксувала антена  $A_n$  в той момент часу, коли час здійснення ними транзакції прямує до мінімального часу у періоді, та антена  $A_k$ , коли час здійснення ними транзакції прямує до максимального часу у періоді. Наприклад, для періоду “пік” з 8 до 10 години ранку мінімальним часом буде 8 год, максимальним – 10 год. Потрібна інформація для роботи моделі – транзакції абонентів (вхідні або вихідні дзвінки, надіслані чи отримані sms-повідомлення) з прив'язкою до антен стільникового зв'язку (вишок) та координати їх розташування. Інформація про здійснені транзакції надається цілком анонімно із заміною номера телефону користувача на його порядковий номер. Визначення кореспонденцій пересувань жителів міста між парами зон дії антен стільникового зв'язку пропонується здійснювати у такій послідовності:

1. До адресного рядка веб-переглядача ввести посилання <http://test.lad.lviv.ua:7777/cells>;
2. Після переходу на сайт “RouteAnalyzer” натиснути вкладку “Вишки”. За допомогою кнопки “Імпортувати” згенерувати антени стільникового зв'язку “Київстар” на карту м. Львова. За допомогою правої кнопки мишки (подвійним натисненням її) залишити лише ті вишки, з якими повинні працювати (рис. 1).

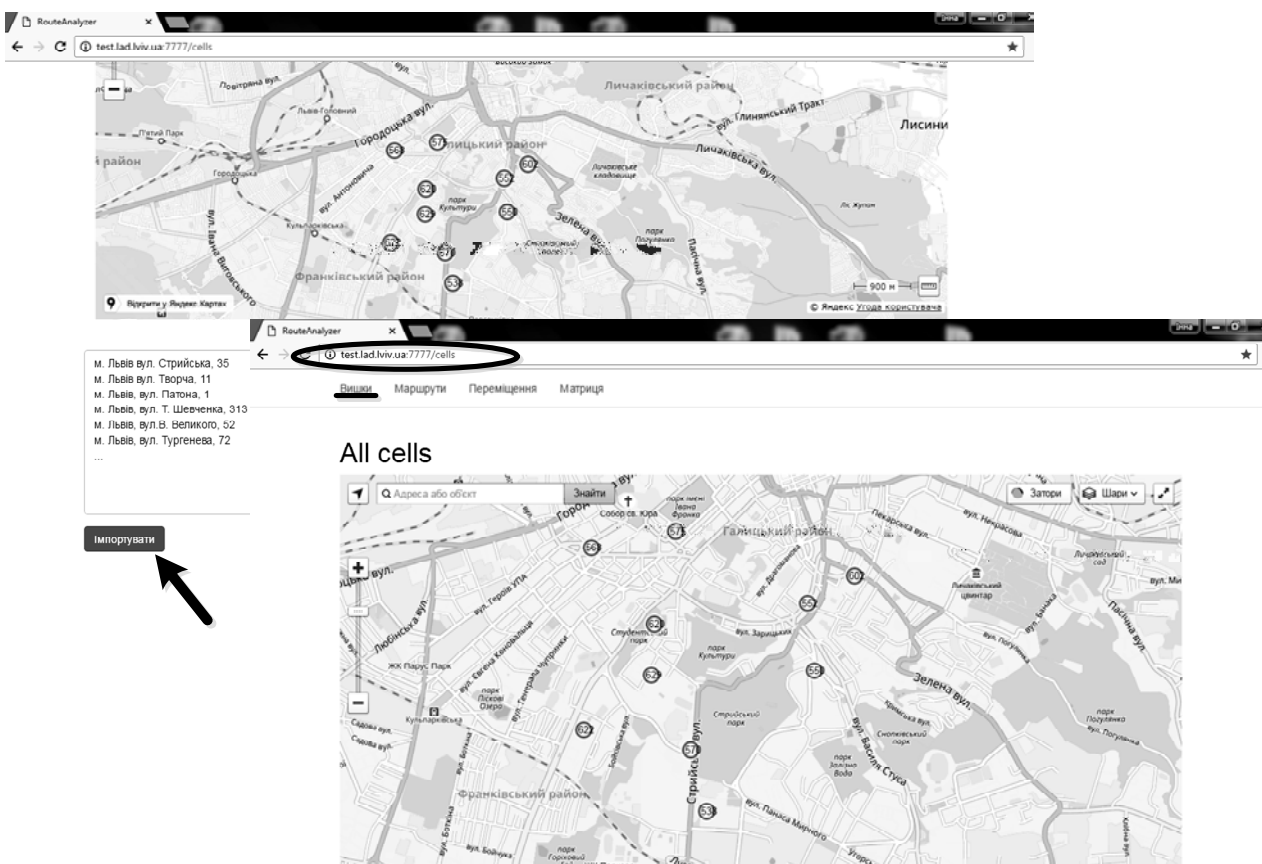


Рис. 1. Імпортування антен стільникового зв'язку на карту м. Львова

3. Натискаємо вкладку “Маршрути”. За допомогою кнопки “Add new route” та лівої кнопки миші прокладаємо маршрути громадського транспорту. Кожен із маршрутів складається з кількох окремих ділянок, кінці якої – антени стільникового зв’язку (від антени до антени). На рис. 2 зображено покрокове прокладання нового маршруту, що сполучає, наприклад, 536, 570, 550 та 552 вишку.

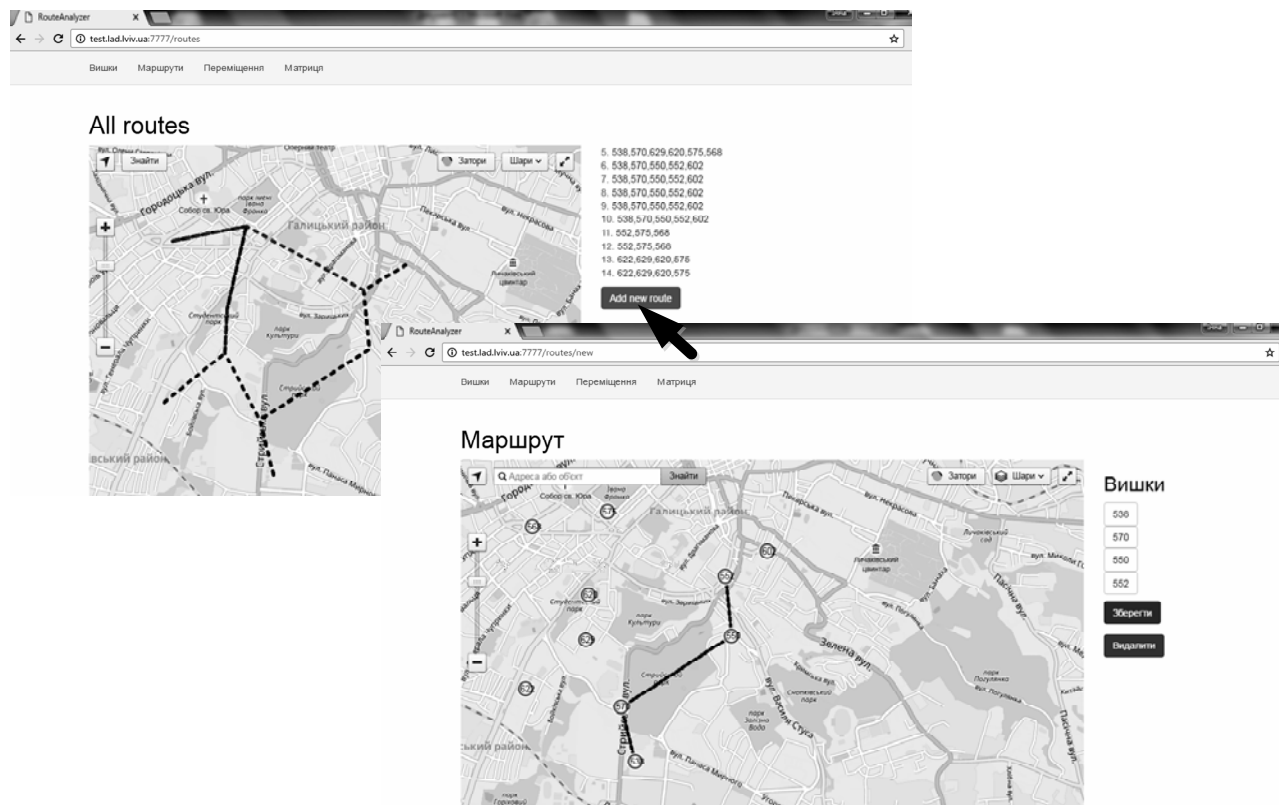


Рис. 2. Прокладання маршрутів громадського транспорту

4. Натискаємо вкладку “Переміщення”. Вкладка “Переміщення” дає змогу імпортувати дані транзакцій абонентів стільникового зв’язку (порядковий номер користувача, час здійснення ним транзакції і базову станцію, що її зафіксувала) та будувати траєкторію руху кожного із них. Наприклад, на карті зображено пересування користувача стільникового зв’язку упродовж дня. Як бачимо (рис. 3), між антенами № 629 і 622 переміщень було найбільше, про що свідчить товста червона лінія між ними. За допомогою кнопки “Згенерувати” (натиснувши її) генеруємо дані абонентів стільникового зв’язку – мешканців міста.

5. Натискаємо вкладку “Матриця”. Вкладка “Матриця” дає можливість побудувати матрицю пересувань абонентів стільникового зв’язку між парами зон дії антен стільникового зв’язку та можливих варіантів доїзду між ними (рис. 4.). Червоним кольором позначено період часу, який нас цікавить. Для прикладу вибрано добу (9 жовтня 2016 р.). Досліджуваний період часу користувач може обирати самостійно. У квадратиках у кожній клітинці записано кількість пересувань, зафіксованих між парами зон дії антен стільникового зв’язку. Синім кольором вказано можливі варіанти маршрутів, що їх сполучають. У квадратних дужках записано варіанти пересування з пересадками. Натиснувши на квадратик, бачимо вікно з порядковим номером користувачів, що здійснили переміщення між цією парою зон дії антен стільникового зв’язку. Можна також переглянути траєкторію руху конкретного користувача (натиснувши на номер користувача, який нас цікавить, із впливаючого вікна користувачів).

У розробленій моделі формування матриці враховано кореспонденції пересувань за фактом їх здійснення у реальному періоді часу (зокрема у ранковий чи вечірні пікові навантаження на маршрутах). У результаті зростає точність розрахованих обсягів кореспонденцій та забезпечується можливість їх онлайн-моніторингу.

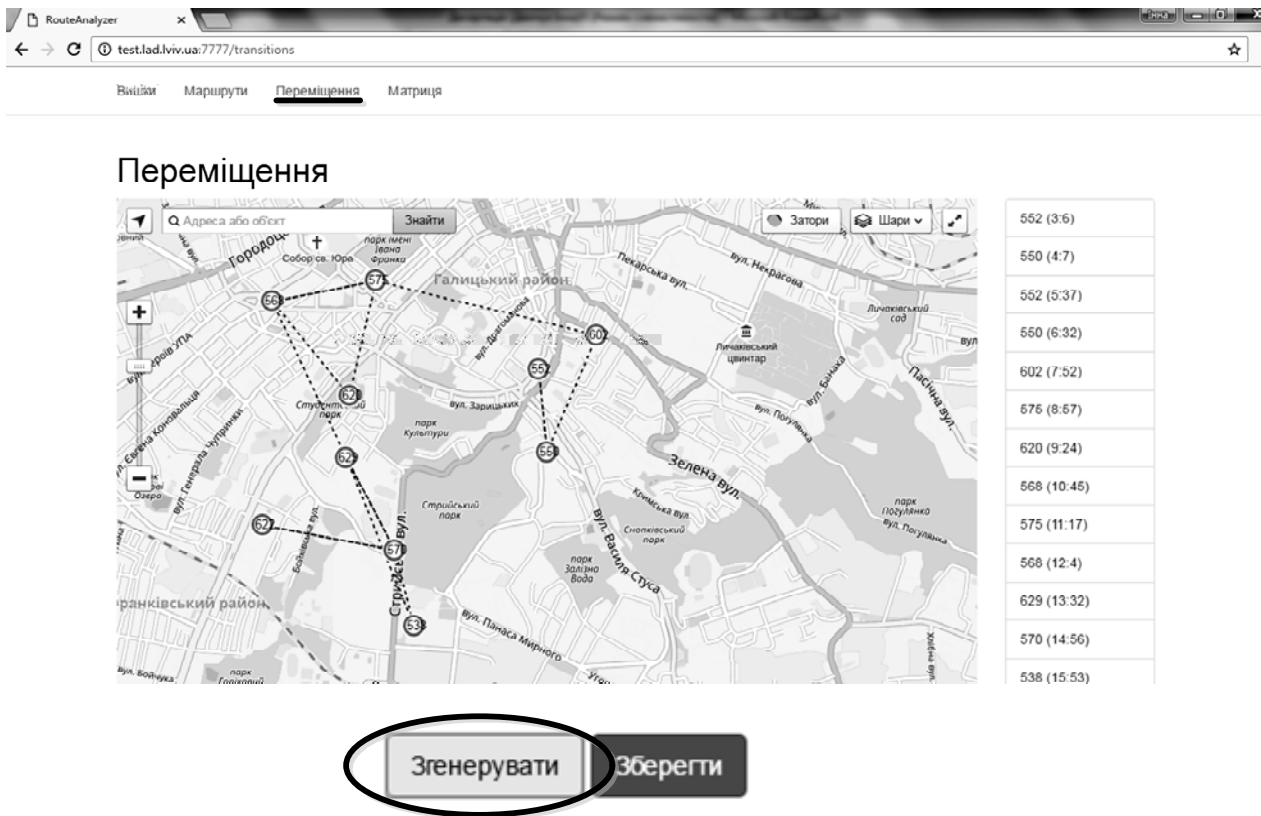


Рис. 3. Генерування даних про транзакції користувачів стільникового зв'язку на карту м. Львова

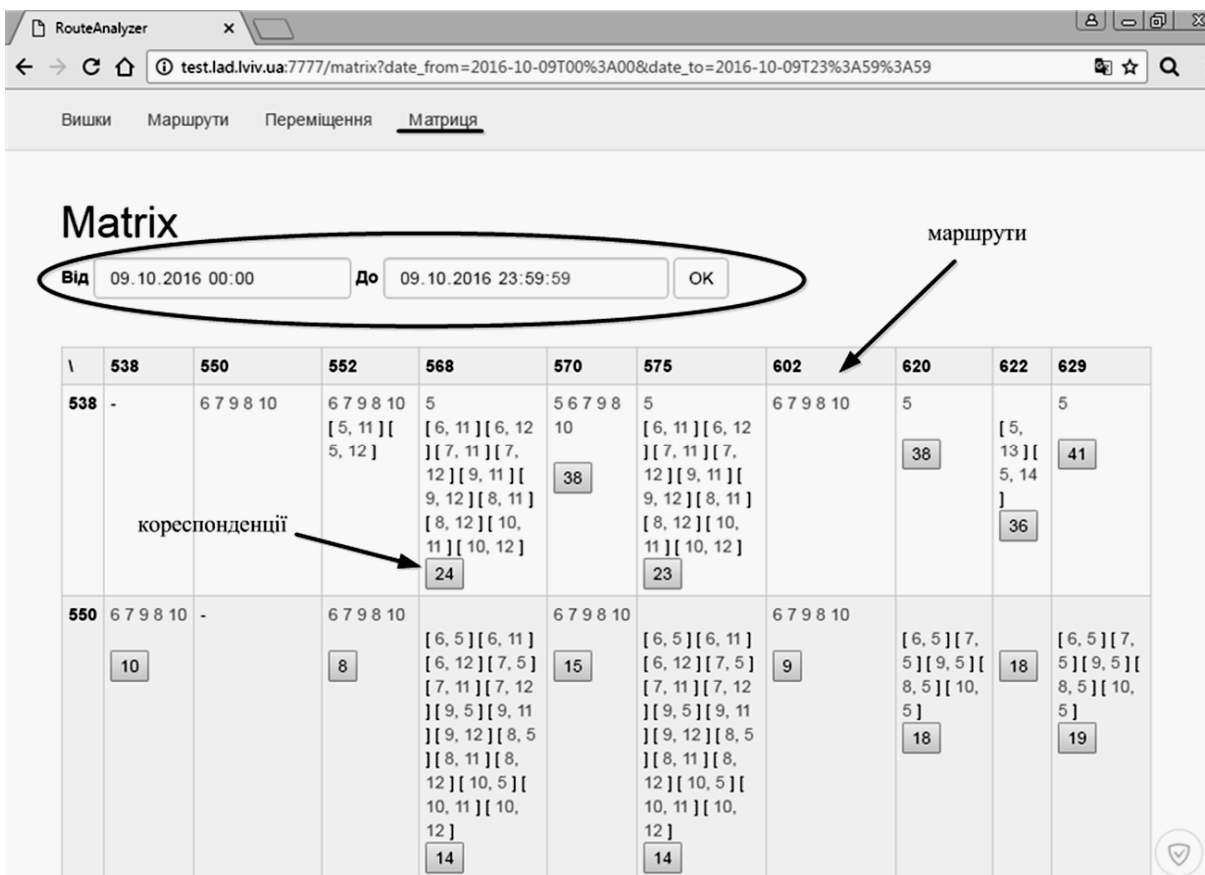


Рис. 4. Приклад формування матриці пересувань користувачів стільникового зв'язку та маршрутів громадського транспорту між парами зон дії його антен

Якісна і точна прив'язка пересувань до конкретних маршрутів громадського транспорту дасть змогу визначати пасажиропотоки та реалізувати ефективний рівень транспортного обслуговування. Своєю чергою, це сприяє розв'язанню важливих завдань: оптимізації графіків руху засобів громадського транспорту; обґрунтованому випуску на лінію кількості і типів транспортних засобів на маршрути.

### Висновки

Розроблена модель створення матриці кореспонденцій дає змогу оперативно сформувати та опрацювати вхідну інформацію (масиви даних про трансакції) про поточні значення пересування пасажирів по території міста. Це істотно спрощує існуючі експериментальні методи, які потребують великих затрат часу, коштів та трудових ресурсів. Програмна реалізація розробленої моделі формування матриць кореспонденцій пересувань і маршрутів забезпечує скорочення тривалості її побудови порівняно з традиційними методами на 1439,5 год (розроблена модель потребує лише 0,5 год). Економічний ефект від використання програми реалізації моделі для визначення пасажиропотоків на маршрутах громадського транспорту міста становить 112 тис. грн.

1. Norbert, Oppenheim *Urban Travel Demand Modeling [Text]* / Oppenheim Norbert. – John Wiley and Sons, 1995. – 480 p. 2. *Public Transport Assignment [Text]*. – Department for Transport, Transport Analysis Guidance. – London, 2013. – 23 p. 3. Денисенко О. В. Аналіз методів моделювання процесів функціонування міської пасажирської транспортної мережі / О. В. Денисенко, Н. С. Бубиніна // *Інноваційні технології та перспективи розвитку транспорту, автомобільної і дорожньо-будівельної галузей промисловості (іноземними мовами): зб. матеріалів конференцій*. – Харків: Цифра принт, 2011. – С. 22–26. 4. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 124 с. 5. Гецович Є. М. Коригування матриці транзитних транспортних кореспонденцій у центральних частинах міст / Є. М. Гецович, Д. В. Засядько, В. М. Панін // *Вестник ХНАДУ*. – 2013. – Вып. 61–62. – С. 60–63. 6. Sheffy, Y. *Urban Transportation Networks. Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods [Text]* / Y. Sheffy. – Engelwood Cliffs: Prentice-Hall, 1995. – 400 p. 7. Гецович Є. М. Транспортное районування мегаполісов и расчет маршрутов реализации корреспонденций / Гецович Є. М., Засядько Д. В. // *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник тез конференции*. – Минск, 2010. – С. 26–33. 8. Berlingerio M. AllAboard: a system for exploring urban mobility and optimizing public transport using cellphone data / M. Berlingerio, F. Calabrese, G. Di Lorenzo, R. Nair, F. Pinelli, M. L. Sboodio // *Mobile Phone Data for Development: The main conference on the scientific analysis of mobile phone datasets*. – Italy, 2013. – P. 379–411. 9. Білоус А. Б. Визначення оптимального методу дослідження рухомості населення / Білоус А. Б., Демчук І. А. // *LXXI наукова конф. проф.-викл. складу, асп., студ. НТУ: тези доповідей*. – К., 2015. – С. 52710. Пат. № 23702 Україна, МПК НО4М 11/00. Спосіб залучення населення до участі у суспільних громадських явищах волевиявлення / Ю. С. Рахубовський, Є. К. Вільковський. – 3 с.