

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ
ДОСТУПНОСТІ ТЕРИТОРІЙ**

**GEOINFORMATION MODELING OF TRANSPORT ACCESSIBILITY
OF TERRITORIES**

Уль А.В., д.т.н., професор (СНУ ім. Л. Українки, м. Луцьк),
Мельник О.В., к.т.н., доцент (СНУ ім. Л. Українки, м. Луцьк),
Мельник Ю.А. (Луцький НТУ, м. Луцьк), Волошин В.У. к.т.н., доцент
(СНУ ім. Л. Українки, м. Луцьк), Синій С. В., к.т.н., доц. (Луцький
національний технічний університет)

**Uhl A.V. Doctor of Technical Sciences, Professor (Lesya Ukrainka
Eastern European National University, Lutsk), Melnyk O.V. Ph.D. in
Engineering, Associate Professor (Lesya Ukrainka Eastern European
National University, Lutsk), Melnyk Y.A. Ph.D. in Engineering, Associate
Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Voloshyn V.U
Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lesya Ukrainka Eastern
European National University, Lutsk), Synii S. V., Ph.D. in Engineering,
Associate Professor (Lutsk National Technical University)**

Анотація. У статті розглянуто методику моделювання транспортної
доступності території способом побудови ізохрон із застосуванням відкритих
даних OpenStreetMap, ГІС GRASS GIS та СКБД PostgreSQL.

Summary. The value of territories with developed transport infrastructure is
increasing compared to those where it is less developed, which is reflected in the value of
land and real estate as well as in social and household spheres. One of the widely used
tasks of geoinformation systems is to map transport accessibility based on road network
data. The most common way of modeling transport accessibility is to construct
isochrones - lines of equal time spent on space overcoming given points. The article
deals with the methodology for modeling the transport accessibility of territories by the
method of constructing isochron using OpenStreetMap data, GIS GRASS GIS and DBMS
PostgreSQL. To create isochrones, we used the v.isochrones extension, which allows us
to work in two modes: to create continuous isochrones, that is, the cost of moving, and to
simply delay the distance traveled along the roads, which is well-suited when it is
impossible to move outside the transport network at all. The values of isochrones in the
range from 15 to 180 minutes, the speed to overcome the space outside the road network
of 5 km / h and the resolution of the output raster of 50 m were taken for simulation.
According to the results of the research, a isochoron map for the territory of the Volyn
region was constructed in vector and raster form and its analysis was performed. The
results of the study show that about 67% of the territories of the region can be reached
from key settlements within an hour. The proposed methodology can be used for a quick

analysis of the availability of territories. Possibilities of this approach are rather limited, especially in aspects related to the consideration of traffic flows, coverage quality, speed limits, and other permanent and temporary things that directly affect transport accessibility. With the detailed preparation of the road network baseline data, it is possible to obtain interesting results that can be applied to different transport accessibility analysis scenarios.

Ключові слова: геоінформаційні системи, ізохрони, транспортна доступність, аналіз, моделювання.

Key words: geoinformation systems, isochrones, transport accessibility, analysis, modeling.

Постановка проблеми: Формування транспортної системи - одне з ключових напрямків розвитку міст, районів, областей та держави в цілому. Висока розвиненість транспортної мережі є великою перевагою, оскільки дозволяє отримати швидкий доступ до будь-якої точки місцевості. У зв'язку з цим цінність територій з розвинутою транспортною інфраструктурою збільшується в порівнянні із тими, де вона розвинена в меншій мірі, що відбивається як на вартості землі та нерухомості, так і на соціально-побутових сферах.

Транспорт, транспортна система, транспортна інфраструктура, перевезення пасажирів та вантажів завжди були об'єктом аналізу широкого кола фахівців. На сьогодні існує досить багато різнопланових досліджень територіальної організації транспортної системи регіонів країни, транспортної доступності населених пунктів, транспортного туристичного обслуговування населення, транспортної інфраструктури тощо.

Аналіз відомих досліджень. Питаннями оцінки транспортної доступності різного роду об'єктів та територій, зокрема, займалися вітчизняні вчені Сільченко Ю.Ю., Семенюк Л.Л., Зарубіна А.В. [1], Яновський П. О., Матійчик О. М. [2] а також закордонні Cervero R. [3], Wilson A.G. [4], Litman T. [5] та багато інших.

Однією із широко-використовуваних задач геоінформаційних систем є картографування транспортної доступності на основі даних про дорожню мережу. Найбільш поширеним способом моделювання транспортної доступності є побудова ізохрон - ліній рівних витрат часу на подолання простору щодо заданих точок.

Мета та завдання досліджень: удосконалення методики моделювання транспортної доступності територій шляхом використання способу побудови ізохрон із застосуванням відкритих даних OpenStreetMap, ГІС GRASS GIS та СКБД PostgreSQL.

Результати досліджень. Нами пропонується здійснювати вищезгаданий метод створення карт із використанням даних OpenStreetMap [6] у поєднанні із відкритою ГІС GRASS GIS [7] в останній

версії програмного забезпечення на момент написання статті 7.2.2. Для зменшення використання ресурсів ПК та часу вибірок дані OpenStreetMap були перенесені у СКБД PostgreSQL 9.6 [8].

На початковому етапі досліджень нами було відокремлено з вихідної бази даних OpenStreetMap у *.shp файл адміністративної межі Волинської області. Даний шар використовувався для подальшого відсічення об'єктів, що лежать за межами досліджуваної області.

Важливим етапом в нашому дослідженні є отримання даних про дорожню мережу області. У свій час, на рівні глобального OSM-товариства було вирішено [9], що в основі класифікації доріг, яка описується тегом `highway=*`, мають лежати не фізичні характеристики, а відносна важливість ("значимість") дороги у дорожній мережі. Головна причина у тому, що найважливіша характеристика дороги - це не кількість смуг руху або якість асфальту, а звідки і куди по ній можна доїхати.

У зв'язку із цим, українським співтовариством у результаті обговорення та голосування були прийняті правила для визначення відносної важливості доріг на території України. Відповідно за основу цієї класифікації доріг взята класифікація, яка прийнята як і в більшій частини пост-радянських країн, що мають дорожню інфраструктуру успадковану від колишнього СРСР. Зазначимо, що дана класифікація не співпадає з існуючою загальнодержавною класифікацією [10]. Докладна класифікація та відповідність загальнодержавним видам доріг приведена на ресурсі [11]. Нами було відібрано всі елементи дорожньої мережі, по яких можуть пересуватись транспортні засоби в межах Волинської області з шару БД `planet_osm_lines` зі значеннями тегу "highway" `unclassified, trunk_link, trunk, track, tertiary_link, tertiary, secondary_link, secondary, road, residential, primary_link, primary` та `living_street`.

Додатково були відібрані з точкового шару `planet_osm_points` населені пункти класифіковані як `city` та `towns`, котрі будуть потрібні в подальшому моделюванні, як відправні точки для побудови ізохрон.

На другому етапі підготовки необхідно кожній ділянці дороги призначити деяку середню швидкість переміщення по ній. Кожному сімейству об'єктів згідно його тегу в OpenStreetMap призначимо загальну очікувану швидкість, не вникаючи в кожен окремий об'єкт. Отже, розглянемо ті категорії, які у нас залишилися після фільтрації:

1. `trunk` - найважливіші і найбільші дороги. Очікувана швидкість 90 км/год;
2. `primary` - великі шосе, наступний рівень після `trunk`. Очікувана швидкість 90 км/год;
3. `secondary` - відносно великі дороги, наступний рівень після `primary`. Очікувана швидкість 60 км/год;
4. `tertiary` - звичайні автомобільні дороги між невеликими населеними пунктами. Очікувана швидкість 60 км/год;

5. `living_street` - житлові зони, де у пішоходів явна перевага в праві пересування. Очікувана швидкість 15 км/год;
6. `residential` - автомобільні дороги в житлових кварталах. Очікувана швидкість близько 40 км/год;
7. `service` - сервісні під'їзди, в'їзди та ін. Очікувана швидкість 30 км/год;
8. `road` - автомобільна дорога невідомого типу. Прийємо швидкість 60 км/год;
9. `track` - ґрунтові дороги, зазвичай для сільгосптехніки. Прийємо швидкість 30 км/год;
10. `tertiary_link` - місця з'єднання об'єктів `tertiary` з іншими об'єктами того ж типу або дорогами інших типів. Прийємо швидкість 40 км/год;
11. `secondary_link` - місця з'єднання об'єктів типу `secondary` з іншими або дорогами інших типів. Прийємо швидкість 40 км/год;
12. `primary_link` - місця з'єднання `primary` з іншими `primary` або дорогами інших типів. Прийємо швидкість 40 км/год;
13. `trunk_link` - місця з'єднання `trunk` з іншими `trunk` або дорогами інших типів. Прийємо швидкість 40 км/год;
14. `unclassified` - дороги без тега. Прийємо швидкість 40 км/год.

Важливо зауважити, що для деяких ділянок (зазвичай їх небагато) у властивостях заповнене значення `MAXSPEED`, воно може бути як кількісною (в км/год), так і виду `UA:urban`. Розшифровку цих позначень можна знайти в [12] і використовувати при визначенні швидкостей.

Для створення ізохрон нами було використано розширення `v.isochrones` [13], яке дозволяє працювати в двох режимах: створювати безперервні ізохрони, тобто поля витрат на переміщення (з використанням модуля `r.cost`), і просто відкладати подолану відстань уздовж доріг (що добре підходить для випадку, коли переміщення за межами транспортної мережі неможливо зовсім - з використанням модуля `v.net.iso`). Для моделювання прийнято значення ізохрон в діапазоні від 15 до 180 хвилин, швидкість для подолання простору поза дорожньою мережею 5 км/год та роздільну здатність вихідного растру 50 м. Останній параметр дуже важливий - це розмір комірок сітки, до яких і буде проводитися розрахунок часу переміщення. Він повинен бути досить невеликим, щоб ізохрони були плавними, але і не зовсім маленьким, тому що чим детальніше сітка, тим більше ресурсоемними виходять обчислення. Однією з переваг даного розширення є можливість виводу кінцевого результату як у векторній так і растровій формі.

Для аналізу отриманих даних було використано інструмент `r.report`, що дозволяє порахувати відсоток під кожним діапазоном даних растрового зображення. Результат проведеного аналізу відображено в табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл території Волинської області за транспортною доступністю

Час, хв	0-21	21-42	42-63	63-84	84-105	105-126	126-210
% території	12,98	31,29	23,58	12,4	6,13	3,71	9,9

Отримані результати моделювання у векторній формі для території Волинської області показано на рис. 1 та збільшений фрагмент Луцького та суміжних районів - на рис. 2.

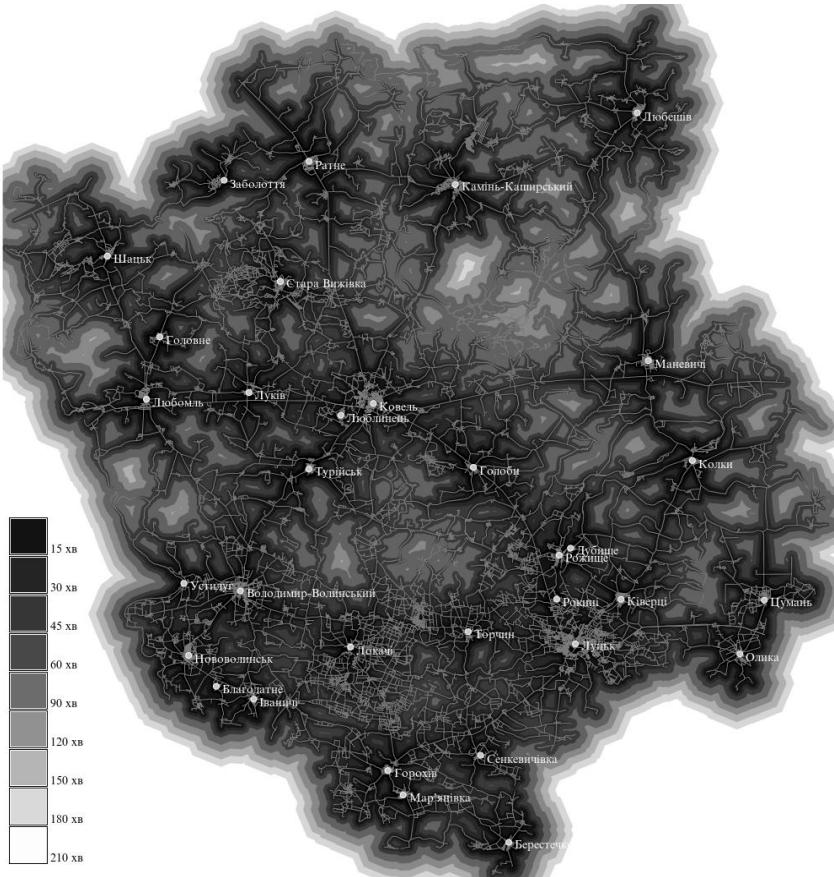


Рис. 1. Результати моделювання транспортної доступності територій Волинської області (векторна форма)



Рис. 2. Збільшений фрагмент території Луцького та суміжних районів (векторна форма)

З узагальнених результатів проведеного дослідження зокрема видно, що до близько 67 % територій Волинської області можна дістатись від ключових населених пунктів лише за годину часу.

Висновки. Отже, розглянута методика моделювання транспортної доступності територій на основі способу побудови ізохрон із застосуванням відкритих даних OpenStreetMap, ГІС GRASS GIS та СКБД PostgreSQL дозволяє оперативно провести базовий аналіз.

Зокрема, отриманими результатами дослідження для територій Волинської області встановлено, що до близько 67 % її територій можна дістатись від ключових населених пунктів лише за годину часу.

При цьому слід відзначити, що можливості такої методики досить обмежені, особливо в аспектах, що стосуються врахування транспортних потоків, якості покриття, обмежень швидкості та інших як постійних, так і тимчасових явищ, що безпосередньо впливають на транспортну доступність. Однак, ці особливості методики можна, за потреби, врахувати при здійсненні оперативних досліджень у конкретній галузі економіки, наприклад шляхом введення поправочних коефіцієнтів, які відображатимуть специфіку, задану детальність та точність результатів досліджень.

Таким чином, використання розглянутої методики моделювання транспортної доступності територій при детальній підготовці вихідних даних про дорожню мережу, дозволяє оперативно отримувати цікаві результати, які можна успішно застосувати при різноманітних сценаріях

аналізу транспортної доступності територій у містобудуванні, транспортній логістиці, туризмі тощо.

References

1. Silchenko Yu. Yu. Deiaki aspekty transportnoi dostupnosti administratyvnykh tsestriv Kirovohradskoi oblasti / Yu.Yu. Silchenko. L.L. Semeniuk. A.V. Zarubina // Rehionalni problemy Ukrainy: heohrafichniy analiz ta poshuk shliakhiv vyrishennia: materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. m. Kherson. 5-6 zhovtnia 2017 r. / Za zahalnoi redaktsiieiu I. Pylypenka. D. Malchykovi. – Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka». 2017. – S. 243–245.
2. Yanovskyi P. O.. Matiichyk O. M. Otsinka dostupnosti pasazhyrskoho transportu na rehionalnomu rivni. Naukoiemni tekhnolohii. 2013. No 3 (19). S. 345–348.
3. Cervero R. Accessible Cities and Regions: A Framework for Sustainable Transport and Urbanism in the 21st Century. WORKING PAPER. UCB-ITSVWP-2005-3. August. 2005. 44 p. <https://escholarship.org/uc/item/27g2q0cx>.
4. Wilson A.G. The use of entropy maximizing models in the theory of trip distribution. mode split and route split. Journal of Transport Economics and Policy. 1969. pp. 108-126.
5. Litman T. Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities. Victoria Transport Policy Institute. Canada. Victoria. 2012. 50 p.
6. OpenStreetMap [Elektronnyi resurs] : [Veb-sait]. – Rezhym dostupu: <https://www.openstreetmap.org/> (data zvernennia 02.10.2019) – Nazva z ekrana.
7. GRASS GIS [Elektronnyi resurs] : [Veb-sait]. – Rezhym dostupu: <https://grass.osgeo.org/> (data zvernennia 02.10.2019) – Nazva z ekrana.
8. PostgreSQL: The worlds most advanced open source database [Elektronnyi resurs] : [Veb-sait]. – Rezhym dostupu: <https://www.postgresql.org/> (data zvernennia 02.10.2019) – Nazva z ekrana.
9. Proposed features/Highway key voting importance [Elektronnyi resurs] : [Veb-sait]. – Rezhym dostupu: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/Highway_key_voting_importance (data zvernennia 02.10.2019) – Nazva z ekrana.
10. Zakon Ukrainy Pro avtomobilni dorohy: Redaktsiia vid 14.05.2017 / Verkhovna Rada Ukrainy. – Ofits. vyd. – Kyiv : Parlam. vyd-vo. 2017. – 21 s. – (Biblioteka ofitsiinykh vydan).
11. Uk: Vikiproekt Ukraina/Klasyfikatsiia dorih [Elektronnyi resurs] : [Veb-sait]. – Rezhym dostupu: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:Vikiproekt_Ukraina/Klasyfikatsiia_dorih (data zvernennia 02.10.2019) – Nazva z ekrana.
12. Uk:Key:maxspeed [Elektronnyi resurs] : [Veb-sait]. – Rezhym dostupu: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:Key:maxspeed> (data zvernennia 02.10.2019) – Nazva z ekrana.

Список використаної літератури

1. Сільченко Ю.Ю. Деякі аспекти транспортної доступності адміністративних центрів Кіровоградської області / Ю.Ю. Сільченко. Л.Л. Семенюк. А.В. Зарубіна // Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення: матеріали VII Міжнародної науково-практичної

конференції. м. Херсон. 5-6 жовтня 2017 р. / За загальною редакцією І. Пилипенка. Д. Мальчикової. – Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2017. – С. 243–245.

2. Яновський П. О., Матійчик О. М. Оцінка доступності пасажирського транспорту на регіональному рівні. Наукоємні технології. 2013. No 3 (19). С. 345–348.

3. Cervero R. Accessible Cities and Regions: A Framework for Sustainable Transport and Urbanism in the 21st Century. WORKING PAPER. UCB-ITSVWP-2005-3. August. 2005. 44 p. <https://escholarship.org/uc/item/27g2q0cx>.

4. Wilson A.G. The use of entropy maximizing models in the theory of trip distribution, mode split and route split. Journal of Transport Eco-nomics and Policy. 1969. pp. 108-126.

5. Litman T. Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities. Victoria Transport Policy Institute. Canada. Victoria. 2012. 50 p.

6. OpenStreetMap [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.openstreetmap.org/> (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.

7. GRASS GIS [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://grass.osgeo.org/> (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.

8. PostgreSQL: The world's most advanced open source database [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.postgresql.org/> (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.

9. Proposed features/Highway key voting importance [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/Highway_key_voting_importance (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.

10. Закон України Про автомобільні дороги: Редакція від 14.05.2017 / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – Київ : Парлам. вид-во. 2017. – 21 с. – (Бібліотека офіційних видань

11. Uk:Вікіпроект Україна/Класифікація доріг [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:Вікіпроект_Україна/Класифікація_доріг (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.

12. Uk:Key:maxspeed [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:Key:maxspeed> (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.

13. v.isochrones - Creates isochrones from a road map and starting points [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://grass.osgeo.org/grass72/manuals/addons/v.isochrones.html> (дата звернення 02.10.2019) – Назва з екрана.