

ТРАНСПОРТНА ДОСТУПНІСТЬ АДМІНІСТРАТИВНИХ ЦЕНТРІВ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ: ПРОСТОРОВО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ПІДХІД

Корнус Анатолій Олександрович,

кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри загальної та регіональної географії
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5924-7812>
Scopus Author ID: 57198508125
Web of Science Researcher ID: O-6053-2015

Корнус Олеся Григорівна,

кандидат географічних наук, доцент,
завідувач кафедри загальної та регіональної географії
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7469-7291>
Scopus Author ID: 57198491514
Web of Science Researcher ID: AAB-6700-2021

Данильченко Олена Сергіївна,

кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри загальної та регіональної географії
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2881-843X>
Scopus Author ID: 58090023000
Web of Science Researcher ID: ABS-0308-2022

Король Олена Миколаївна,

кандидат педагогічних наук,
доцент, доцент кафедри загальної та регіональної географії
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0175-3824>
Scopus Author ID: 57218827420
Web of Science Researcher ID: GQP-2959-2022

Луценко Сергій Вікторович,

доктор філософії,
старший викладач кафедри загальної та регіональної географії
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9250-6700>
Scopus Author ID: 57222478619
Web of Science Researcher ID: ABR-9502-2022

Стаття присвячена оцінці транспортної доступності районних центрів Сумської області з використанням методів теорії графів. Транспортна мережа була представлена у вигляді зваженого неорієнтованого графа, відстані між центрами вимірювалися по найкоротших автомобільних маршрутах. Як об'єкт дослідження вибрано п'ять опорних пунктів – районних центрів регіону: Суми, Ромни, Конотоп, Охтирка та Шостка. В аналізі було застосовано набір топологічних показників, включаючи суму довжин найкоротших шляхів (абсолютний індекс доступності), ексцентричність (максимальна найкоротша відстань), а також відносні індекси Бавелаша і Бошампа, що нормують абсолютні значення і дозволяють порівнювати вузли в межах однієї мережі та виявляти «центральної» й «периферійні» позиції. Додатково узагальнено середні значення індексів для мережі в цілому, що дає змогу охарактеризувати її інтегрованість. Розрахунки здійснено із застосуванням програмного середовища Python та бібліотек для аналізу графів і масивів даних NetworkX та NumPy, що забезпечує відтворюваність процедур.

Результати демонструють чітку диференціацію рівня доступності серед п'яти проаналізованих центрів. Суми та Ромни займають найсприятливіші позиції, що характеризуються меншою сумою найкоротших відстаней та меншими значеннями ексцентричності, що вказує на їх відносну центральність у регіональній мережі. Конотоп займає проміжну позицію, тоді як Охтирка та Шостка демонструють вищі значення ексцентричності та нижчі значення центральності, що відображає їх

більш периферійну роль. На рівні мережі індекси показують помірну зв'язність, причому доступність залежить від просторової конфігурації та відстаней між населеними пунктами.

Дослідження підкреслює потенціал графо-теоретичних підходів для аналізу регіональних транспортних структур. Отримані результати можуть слугувати основою для вдосконалення транспортної політики, оптимізації міжрайонних сполучень та визначення пріоритетів інвестицій в інфраструктуру Сумської області.

Ключові слова: транспортна доступність, теорія графів, індекс Бавелаша, індекс Бошама, ексцентриситет, Сумська область, регіональна транспортна мережа.

Kornus Anatolii, Kornus Olesia, Danylchenko Olena, Korol Olena, Lutsenko Serhii. Transport Accessibility of Administrative Centres in Sumy Oblast: A Spatial-Geographical Approach

The article focuses on the assessment of transport accessibility of district centres in Sumy region using graph theory methods. The transport network was represented as a weighted undirected graph, with distances between centres measured along the shortest road routes. Five key locations were selected as the subject of the study – regional centers in the region: Sumy, Romny, Konotop, Okhtyrka, and Shostka. The analysis applied a set of topological metrics, including the sum of shortest path lengths (absolute accessibility index), eccentricity (maximum shortest distance), as well as relative indices of Bavelas and Beauchamp, which normalize absolute values and allow comparing nodes within a single network and identifying “central” and peripheral positions. Additionally, the average values of the indices for the network as a whole are generalized, which makes it possible to characterize its integration. The calculations were performed using the Python software environment and libraries for graph and data array analysis NetworkX and NumPy, which ensures the reproducibility of the procedures.

The results demonstrate a clear differentiation in the level of accessibility among the five analysed centres. Sumy and Romny show the most favourable positions, characterised by lower sums of shortest path lengths and smaller eccentricity values, which indicates their relative centrality in the regional network. Konotop occupies an intermediate position, while Okhtyrka and Shostka display higher eccentricity and lower centrality values, reflecting their more peripheral roles. At the network level, the indices reveal moderate connectivity, with accessibility influenced by spatial configuration and inter-settlement distances.

The study highlights the potential of graph-theoretical approaches for analysing regional transport structures. The findings may serve as a basis for improving transport policy, optimising inter-district connections, and prioritising infrastructure investments in Sumy region.

Key words: transport accessibility, graph theory, Bavelas index, Beauchamp index, eccentricity, Sumy region, regional transport network.

Вступ. Сумська область, розташована на північному сході України, має складну транспортну структуру, що сформувалася під впливом як природних факторів (річкова мережа, лісостеповий ландшафт), так і історичного розвитку населених пунктів. В умовах адміністративно-територіальної реформи, яка передбачає укрупнення громад і зміну підходів до просторового планування, оцінка транспортної доступності стає важливим інструментом для прийняття управлінських рішень.

Актуальність дослідження транспортної доступності Сумської області також зумовлена необхідністю оцінки просторової справедливості в розподілі ресурсів та послуг. Нерівномірна доступність може спричинити економічну стагнацію окремих територій, зниження мобільності населення та соціальну ізоляцію малих населених пунктів. Аналіз транспортної мережі за допомогою методів теорії графів дозволяє об'єктивно оцінити ситуацію, виявити слабкі місця в інфраструктурі та сформулювати пропозиції щодо її оптимізації.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. У вітчизняному науковому дискурсі поняття «транспортної доступності» має кілька трактувань. Так, С. Пугач і С. Новосад розглядають його як індикатор просторових можливостей суспільства, вказуючи, що більш адекватним може бути термін «транспортна дискримінація» [1]. У роботах А. Мазурової та П. Вірченко транспортна дискримінація визначається як просторове обмеження транспортних послуг, що знижує мобільність населення та конкурентоспроможність територій [2]. Проте в нашому дослідженні використано термін «транспортна доступність», оскільки увагу зосере-

джено на кількісній оцінці структури транспортної мережі засобами графового аналізу, тоді як поняття «транспортна дискримінація» апелює передусім до соціально-економічних аспектів.

Проблематиці транспортної доступності присвячено низку робіт українських вчених. На локальному рівні цей підхід застосовано у дослідженнях С. Анісімової та ін., які оцінили доступність рекреаційних територій уздовж річки Сіверський Донець [3]. Схожі підходи використав О. Байтеряков із В. Вороною, побудувавши графи автомобільної мережі Запорізької області [4], а Ю. Барський та ін. дослідили часову доступність районів міста Луцька [5]. О. Дзюбинська та ін. показали вплив транспортної інфраструктури на рекреаційний розвиток Волині [6], тоді як О. Загурський акцентував на інституційних аспектах транспортної доступності, зокрема у сільських територіях [7].

Окремий напрям становлять прикладні дослідження. О. Лейберюк застосувала геопросторовий аналіз для визначення зон доступності медичних послуг у рамках медичної реформи [8]. О. Матійчик обґрунтував багатовимірний підхід до поняття транспортної доступності та розробив методику оцінки ефективності транспортної мережі [9]. Просторові особливості транспортної доступності на рівні регіонів аналізували Ю. Сільченко та ін. [10], А. Корнус [11].

У низці досліджень застосовано геоінформаційні технології. Так, М. Томашук розглядає застосування ГІС для оцінки транспортної доступності в контексті формування об'єднаних територіальних громад в Україні [12]; В. Третяк і В. Лепетюк побудували ізо-

хрони туристичних маршрутів на основі OpenStreetMap [13]; П. Уль та ін. пропонують методику моделювання транспортної доступності територій за допомогою побудови ізохрон із використанням відкритих даних OpenStreetMap, ГІС GRASS GIS та СКБД PostgreSQL [14]. П. Яновський і О. Матійчик узагальнили підходи до оцінки транспортної доступності, запропонували концепцію інтегрального показника для регіонального рівня [15].

Незважаючи на певну кількість робіт, присвячених транспортній доступності в Україні, Сумська область залишається малодослідженою, що й зумовило вибір теми даної роботи.

Матеріал та методи. Аналіз транспортної мережі проводився з використанням методів теорії графів, яка визначає топологічну транспортну доступність. Відповідно, транспортна мережа була змодельована у вигляді неорієнтованого зваженого графа, де вузли представляли районні центри, а ребра відповідали зв'язкам між ними. Під час оцінки транспортної доступності враховувалось не лише кількість і співвідношення ребер графу, але і їх вага (відстань між вершинами). При цьому, відстань між населеними пунктами (вершинами графу) вимірювалась в умовних кілометрах (ум. км), що враховують умови пересування, такі як швидкість, час і комфортність руху. Ці умови залежать від категорії автомобільного шляху – кількості смуг для руху, їх ширини та облаштування. Це, як свідчать результати аналізу [4], дає більш точний результат. Для визначення відстані в ум. км застосовувались відповідні коефіцієнти на які помножувалась реальна відстань. Так, для доріг національного значення застосовувався коефіцієнт 1,0, для регіональних доріг – 1,1, для територіальних доріг – 1,2, для обласних доріг – 1,4, для районних – 1,5. Названі коефіцієнти, з невеликими змінами, були запозичені нами з роботи [4].

Для визначення найкоротших шляхів між усіма парами міст було сформовано матрицю найкоротших відстаней, після чого обчислено абсолютні індекси доступності, а також значення індексів Бавелаша та Бошама для кожного міста. Для характеристики загальної доступності мережі було додатково визначено середнє значення кожного з індексів.

Індекс Бавелаша розраховано як відношення суми всіх абсолютних індексів доступності до абсолютного індексу доступності конкретної вершини графу. У роботі [4] для розрахунку індексу Бавелаша Bi застосовано формулу:

$$Bi = \frac{\sum_{j=1}^n Si}{Si} \quad (1),$$

де: Si – абсолютний індекс доступності для вершини i , n – кількість вершин у графі.

Ця формула більше підходить для оцінки реальних транспортних мереж, оскільки враховує загальну конфігурацію мережі, що дає змогу краще аналізувати її топологічну структуру. Вона враховує «відносність» доступності кожної вершини до решти мережі й акцентує увагу на порівнянні конкретного вузла мережею в цілому.

Якщо індекс Бавелаша оцінює вузол з точки зору його абсолютної доступності у порівнянні з іншими вузлами, то індекс Бошама, відомий також як індекс Бічема, оцінює відносну доступність (наскільки ефективно вузол пов'язаний із рештою мережі), враховуючи загальну кількість вузлів у мережі. Це дозволяє використовувати його для порівняння між різними графами. Чим менше значення Si (сума відстаней) (суми відстаней між вузлами), тим більше значення індексу Ri , що вказує на більш центральне положення вузла. Індекс Бошама розраховується за формулою [4]:

$$Ri = \frac{n - 1}{Si} \quad (2),$$

де Ri – індекс Бошама для вершини i , n – кількість вершин у графі, Si – абсолютний індекс доступності вершини i , що дорівнює сумі найкоротших відстаней від вершини i до всіх інших вершин графу.

Вузол з вищим індексом Бошама вважається більш центральним, тому що він має вищу ефективність відносно всієї мережі (вузол має відносно меншу суму відстаней до інших вузлів, тобто він розташований «вигідно» в топології мережі). Вузол з нижчим індексом Бошама розташований на периферії або має меншу транспортну доступність до інших вузлів (вузол має велику суму відстаней до інших, що робить його менш «центральним»).

Розрахунки індексів транспортної доступності та інших показників виконано у середовищі Python із використанням бібліотек Networkx і NumPy.

Викладення основного матеріалу. Для загального топологічного аналізу автомобільної транспортної доступності районних центрів Сумської області побудовано граф їхнього транспортно-географічного положення, що відображає взаємне розташування адміністративних центрів та їхнє сусідство. 3 липня 2020 р. на території регіону створено 5 адміністративних районів, замість 18, що існували раніше. Відтак центри цих районів утворили вершини відповідного графу. Як уже зазначалося в розділі «Матеріал і методи», під час оцінки транспортної доступності враховувалось не лише кількість і співвідношення ребер графу, але і їх вага, у якості якої взято відстань між вершинами.

Спочатку було розраховано індекс абсолютної доступності вершини графу, у даному випадку центру адміністративного району, що характеризує суму ребер графа (шляхів) до всіх інших районних центрів області. За цим індексом найкраще положення мають центри з найменшим показником. Як свідчать розрахунки, за кількістю ребер найменший абсолютний індекс – 4 має обласний центр – Суми, індекс – 7 встановлено у Шостки, значення абсолютного індексу доступності інших районних центрів області, зокрема Ромен і Конотопа дорівнює 5, а Охтирки – 6.

Однак, результати розрахунку цього показника за відстанню, що враховує умови пересування, відрізняються. Найкраще, тобто центральне, положення зберігається за Сумами з сумою відстаней 510,1 ум. км, далі з показниками від 524,8 і 593,3 ум. км розташувалися Ромни і Конотоп, а найгірше положення має не Шостка

(753,8 ум. км), а Охтирка (812 ум. км). Іншими словами, можемо побачити певну різницю у результатах між розрахунками за кількістю ребер графа і за відстанню (табл. 1).

Для оцінки транспортної доступності також розраховано число Кеніга і показник максимальної транспортної віддаленості (ексцентричності районного центру – вершини графу). Число Кеніга (або радіус графа) – це найменша з ексцентричностей усіх вершин графа, іншими словами, це найменша кількість вершин, через які проходять всі ребра графа. Центральними вважаються центри з найменшими показниками. За кількістю ребер число Кеніга для Сум складає 1 і для всіх інших райцентрів області однакове і дорівнює 2.

Ексцентричність для кожного районного центру – це найдовший шлях від нього до іншого центру. Найменші значення вказують на центральні вузли, тобто ті, які розташовані найближче до всіх інших. У розрахунку цього показника за відстанню можна побачити певну диференціацію, Ромни мають найменше число Кеніга (175,2 км) – це означає, що з усіх районних центрів вони найближчі до найвіддаленішого від них центру (тобто, вони мають найкращу транспортну доступність у межах мережі). Суми (199,1 км) також мають відносно невелике число Кеніга, що очікувано, зважаючи на їх роль, як адміністративного центру області. Конотоп, Охтирка та Шостка мають значно вищі значення (275-282 км), що свідчить про їхню більшу транспортну віддаленість у регіональному масштабі.

Аби оцінити компактність нашого графа районних центрів розраховано середню відстань від даного вузла до всіх інших. За результатами розрахунків, середня відстань між усіма парами районних центрів у графі становить 159,7 км. Для кожного окремого вузла показники наступні: Суми – 127,53 км, Ромни – 131,20 км, Охтирка – 203,00 км, Конотоп – 148,33 км і Шостка – 188,45 км (табл. 1)

Показником транспортної доступності, що враховує ієрархічний ступінь населених пунктів, є їхня доступність до адміністративного центру території, у нашому випадку – до обласного центру. Така доступність забезпечує населення можливістю отримання додаткових медичних, освітніх, соціальних, побутових та інших послуг. Для райцентрів Сумської області доступність обласного центру коливається від 78,9 до 199,1 ум. км.

Розмах цього показника більше ніж у 2,5 рази пояснюється значною площею області і розташуванням обласного центру і райцентрів ближче до її периферії. Найкраща доступність обласного центру спостерігається у Охтирки (78,9 ум. км), проміжні значення даного показника мають Ромни (103 ум. км) та Конотоп (129,1 ум. км), найвіддаленішою виявляється м. Шостка (199,1 ум. км). Як бачимо, за більшістю абсолютних показників автомобільної транспортної доступності Сумської області лідирують Суми і Ромни. Гірше положення має Конотоп і найгірше – Шостка та Охтирка.

Як видно з формули (1), індекс Бавелаша розраховується як відношення суми всіх абсолютних індексів доступності до абсолютного індексу доступності конкретного районного центру. У найпростішій формі цей індекс оцінює, наскільки короткі найкоротші шляхи між одним райцентром і усіма іншими в транспортній мережі. Найбільше значення цього показника свідчить про краще транспортно-географічне положення пункту. Отримані значення індексу (табл. 1) показують, наскільки кожен райцентр «близький» до всіх інших. Чим вищий індекс Бавелаша, тим більш «центральною» є вершина у графі з точки зору доступності. Середнє значення цього індексу для розглянутого графа становить 5.16, що свідчить про загально середню доступність вершин у межах цієї мережі. Найвищі значення цього показника мають Суми (5.97) та Конотоп (5.87), що вказує на їхнє центральне розташування в структурі графа та відносно низькі сумарні відстані до інших міст. Найнижчий індекс Бавелаша спостерігається у Шостки (4.04) та Охтирки (4.13), що свідчить про їхню віддаленість від інших районних центрів.

Відносний індекс Бошама являє собою відношення загальної кількості пунктів транспортної мережі до абсолютного індексу доступності певного пункту, оцінюючи відносну «центральність» вузла в контексті всієї мережі. Він, на відміну від індексу Бавелаша, дозволяє зіставити протяжність транспортних шляхів від даного пункту не з протяжністю, а з насиченістю транспортної мережі. Разом з тим, на відміну від числа Кеніга, яке показує найвіддаленішу відстань від одного вузла до іншого, індекс Бошама враховує всю мережу загалом. Краще транспортне положення пункту визначається за більшим показником цього індексу.

Таблиця 1

Показники транспортної доступності районних центрів Сумської області

Районні центри	Індекс абсолютної транспортної доступності (ум. км)	Ексцентричність (ум. км)	Середня відстань вузла (ум. км)	Центральність вузла (індекс Бавелаша)	Індекс Бошама
Конотоп	593,3	282,0	148,33	5.87	0.0067
Охтирка	812	282,0	203,00	4.13	0.0049
Ромни	524,8	175,2	131,20	5.80	0.0076
Суми	510,1	199,1	127,53	5.97	0.0078
Шостка	753,8	275,9	188,45	4.04	0.0053

Середнє значення індексу Бошама, що характеризує ефективність досягнення інших вершин з кожного міста, для нашого графа становить 0.0068. Найвищі значення індексу мають Суми (0.0078) та Конотоп (0.0077), що ще раз підтверджує їхню відносно високу транспортну доступність. Найнижчі значення цього показника спостерігаються у Шостки (0.0053) та Охтирки (0.0054), що свідчить про їхню периферійність у структурі транспортної мережі.

Висновки. Отримані результати свідчать про помірну транспортну доступність районних центрів Сумської області. Значення визначених у роботі розрахункових показників не є надто високими, що вказує на можливі труднощі в логістиці між містами, але й не критично низькі, що підтверджується достатнім рівнем зв'язності. Якщо порівнювати їх з транспортною мережею мегаполісів чи розвинених європейських регіонів, то ці значення низькі. Однак, якщо взяти до уваги, що Сумська область – це периферійний регіон із середньою густотою доріг, такі значення можна вважати достатньо типовими.

Індекси Бавелаша та Бошама дозволили оцінити рівень зв'язності та ефективність транспортної доступності між п'ятьма районними центрами Сумської області. Середнє значення індексу Бавелаша для розглянутої мережі становить 5,16, що вказує на помірний рівень доступності вершин у межах графа. Оскільки цей показник характеризує взаємну досяжність міст, його значення можна порівняти з аналогічними дослідженнями транспортних мереж інших регіонів. У розвинених дорожніх системах, таких як центральні регіони європейських країн, значення індексу Бавелаша зазвичай знаходяться в межах 8-12 [16], а інколи й перевищують їх, що свідчить про значно кращу транспортну інтеграцію. Для периферійних районів, зокрема сільських територій України, цей показник є значно ниж-

чим і часто коливається в межах 4-6. Отже, отримане нами значення вказує, що аналізована мережа має середню доступність – вона не є надто щільною, проте й не демонструє критичних проблем із досягненням кожного районного центру.

Середнє значення індексу Бошама, що характеризує ефективність досягнення інших вершин графа з кожного міста, становить 0.0068. Високі значення цього індексу зазвичай характерні для густих транспортних мереж, наприклад, у міських агломераціях та регіонах з високою щільністю доріг, вони можуть досягати 0.01-0.02 і більше. У більшості периферійних та сільських регіонів цей показник, як правило, нижчий, оскільки міжміські зв'язки часто здійснюються через обмежену кількість маршрутів. Значення 0.0068 для транспортної мережі районних центрів Сумської області свідчить про її помірний рівень зв'язності, який є типовим для регіональних мереж, що не мають великої кількості альтернативних транспортних шляхів.

Загальний аналіз обох індексів демонструє, що транспортна мережа досліджуваного регіону забезпечує достатній рівень доступності між районними центрами, однак вона не є оптимальною з точки зору мінімізації транспортних витрат. Високі значення індексів у містах Суми, Ромни та Конотоп свідчать про їхню центральну роль у регіональній транспортній системі, тоді як Шостка та Охтирка мають нижчі значення, що підтверджує їхню периферійність. Це може вказувати на необхідність удосконалення транспортної інфраструктури для підвищення рівня зв'язності та покращення логістичних можливостей у регіоні. Одним із потенційних напрямів удосконалення може бути розвиток альтернативних маршрутів між містами, які мають найнижчі показники індексів, що сприятиме більш рівномірному розподілу транспортних потоків і зменшенню залежності від основних доріг.

Література:

1. Пугач С. О., Новосад С. В. Трактуння понять «транспортна доступність» та «стиснення простору» у сучасній науковій літературі // Актуальні проблеми країнознавчої науки : матеріали III Міжнар. наук. практ. інтернет-конференції (м. Луцьк, 15–16 грудня 2015 р.). Луцьк: Вежа, 2015. С. 28–31.
2. Мазурова А. В., Вірченко П. А. Суспільно-географічні чинники, які спричиняють транспортну дискримінацію населення України (на прикладі залізничного транспорту) // Регіон – 2012 : Стратегія оптимального розвитку : Матеріали наук.-практ.-конф. з міжнародною участю. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2012. – С. 144–147.
3. Анісімова С. В., Васенко О. Г., Анісімов С. В. Оцінка транспортної доступності замських зон відпочинку як фактора, що впливає на рекреаційну цінність території. *Автомобільний транспорт*. 2017. Вип. 41. С. 196–203. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2017.41.0.196>
4. Байтеряков О. З., Воронова В. В. Топологічний аналіз автомобільної транспортної мережі Запорізької області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2024. Вип. 60. С. 137–158. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-10>
5. Барський Ю. М., Пугач С. О., Яковлев Т. В. Просторовий аналіз транспортної доступності територій у межах міста Луцька. *Економічні науки. Серія : Регіональна економіка*. 2016. Вип. 13. С. 35–45.
6. Дзюбинська О. В., Дзюбинський А. В., Сміль М. В. Оцінка транспортної доступності рекреаційних територій Волинської області. *Економічні науки. Серія : Регіональна економіка*. 2014. Вип. 11. С. 95–101.
7. Загурський О. М. Транспортна доступність сільських територій: методологічні підходи. *Автомобільний транспорт*. 2018. Вип. 43. С. 65–70. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.65>
8. Лейберюк О. М. Транспортна доступність населення до центрів госпітальних округів (конкретний аналіз на прикладі Чернівецької обл.). *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія : Географічні науки*. 2017. Вип. 7. С. 62–68.
9. Матійчик О. М. Теоретичні аспекти реалізації транспортної доступності пасажирських транспортних систем. *Молодий вчений*. 2017. № 9. С. 467–470.

10. Сільченко Ю. Ю., Семенюк Л. Л., Зарубіна А. В. Аналіз впливу транспортної доступності на соціально-економічний розвиток Кіровоградської області. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*. 2017. Вип. 7. С. 81-87.
11. Корнус А. Картографо-географічний аналіз транспортної доступності центрів громад Сумської області на основі теорії графів // *Earth Sciences, Geography, and Cartography: Regional Studies and Spatial Analysis : scientific monograph* / Ed. board: R. Djakons, A. Kornus, O. Danylychenko, O. Kornus. Riga : Baltija Publishing, 2025. 291-314 p. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-596-9-14>
12. Томашук М. М. Можливості геоінформаційного аналізу в дослідженнях транспортної доступності потенційних адміністративних центрів об'єднаних територіальних громад. *Інженерна геодезія*. 2018. Вип. 65. С. 126-135.
13. Третяк В. М., Лепетюк В. Б. Визначення транспортної доступності при формуванні туристичних маршрутів з допомогою QGIS та GRASS GIS. *Містобудування та територіальне планування*. 2021. Вип. 76. С. 297-307. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.297-307>
14. Уль А. В., Мельник О. В., Мельник Ю. А., Синій С. В. Геоінформаційне моделювання транспортної доступності територій. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2019. Вип. 12. С. 213-220. doi: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2019-2\(12\)-26](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2019-2(12)-26)
15. Яновський П. О., Матійчик О. М. Оцінка доступності пасажирського транспорту на регіональному рівні. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*. 2013. № 3. С. 345-348.
16. Горошкова Л., Бакурова А., Сумець О., Триснюк В., Шумейко В. Математичне моделювання транспортно-логістичної інфраструктури для повноцінного відновлення України. *Екологічна безпека та природокористування*. 2024. Вип. 50(2). С. 142-156. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.2.142-156>

References:

1. Puhach, S. O., Novosad, S. V. (2015). Traktuvannia poniat «transportna dostupnist» ta «stysnennia prostoru» u suchasni naukovi literaturi [Interpretation of the concepts "transport accessibility" and "space compression" in modern scientific literature]. Aktualni problemy krainoznavchoi nauky: materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii – Current issues of country studies: Proceedings of the 3rd International scientific and practical internet-conference (Lutsk, December 15–16, 2015). Lutsk: Vezha, pp. 28–31. [in Ukrainian].
2. Mazurova, A. V., Virchenko, P. A. (2012). Suspilno-heohrafichni chynnyky, yaki sprychyniaut transportnu dyskryminatsiiu naselennia Ukrainy (na prykladi zaliznychnoho transportu) [Socio-geographical factors causing transport discrimination of the population of Ukraine (on the example of railway transport)]. Rehion – 2012: Stratehiia optymalnoho rozvytku: materialy naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu – Region – 2012: Strategy of optimal development: Proceedings of the scientific and practical conference with international participation (Kharkiv, 2012). Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University, pp. 144–147. [in Ukrainian].
3. Anisimova, S.V., Vasenko, O.H., Anisimov, S.V. (2017). Otsinka transportnoi dostupnosti zamiskykh zon vidpochynku yak faktora, shcho vplyvaie na rekreatsiinu tsinnist terytorii [Assessment of transport accessibility of suburban recreation zones as a factor influencing the recreational value of the territory]. Avtomobilnyi transport – Automobile Transport, 41, 196–203. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2017.41.0.196> [in Ukrainian].
4. Baiteriakov, O.Z., Voronova, V.V. (2024). Topolohichniy analiz avtomobilnoi transportnoi merezhi Zaporizkoi regionu [Topological analysis of the automobile transport network of Zaporizhzhia region]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Serii «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia» – Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology", 60, 137–158. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-10> [in Ukrainian].
5. Barskyi, Yu.M., Puhach, S.O., Yakovlev, T.V. (2016). Prostorovyi analiz transportnoi dostupnosti terytorii u mezhakh mista Lutska [Spatial analysis of transport accessibility of territories within the city of Lutsk]. Ekonomichni nauky. Serii: Rehionalna ekonomika – Economic Sciences. Series: Regional Economy, 13, 35–45. [in Ukrainian].
6. Dziubynska, O.V., Dziubynskyi, A.V., Smal, M.V. (2014). Otsinka transportnoi dostupnosti rekreatsiinykh terytorii Volynskoi regionu [Assessment of transport accessibility of recreational areas in Volyn region]. Ekonomichni nauky. Serii: Rehionalna ekonomika – Economic Sciences. Series: Regional Economy, 11, 95–101. [in Ukrainian].
7. Zahurskyi, O.M. (2018). Transportna dostupnist silskykh terytorii: metodolohichni pidkhody [Transport accessibility of rural areas: methodological approaches]. Avtomobilnyi transport – Automobile Transport, 43, 65–70. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.65> [in Ukrainian].
8. Leiberyuk, O.M. (2017). Transportna dostupnist naselennia do tsentriv hospitalnykh okruhiv (konkretnyi analiz na prykladi Chernivetskoi obl.) [Transport accessibility of the population to the centers of hospital districts (a case study of Chernivtsi region)]. Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Serii: Heohrafichni nauky – Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical Sciences, 7, 62–68. [in Ukrainian].
9. Matiichyk, O.M. (2017). Teoretychni aspekty realizatsii transportnoi dostupnosti pasazhyrskykh transportnykh system [Theoretical aspects of implementing transport accessibility of passenger transport systems]. Molodyi vchenyi – Young Scientist, 9, 467–470. [in Ukrainian].
10. Silchenko, Yu.Yu., Semeniuk, L.L., Zarubina, A.V. (2017). Analiz vplyvu transportnoi dostupnosti na sotsialno-ekonomichniy rozvytok Kirovohradskoi regionu [Analysis of the impact of transport accessibility on the socio-economic development of Kirovohrad region]. Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Serii: Heohrafichni nauky – Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical Sciences, 7, 81–87. [in Ukrainian].
11. Kornus, A. (2025). Kartografo-heohrafichniy analiz transportnoi dostupnosti tsentriv hromad Sumskoi regionu na osnovi teorii hrafov [Cartographic and geographical analysis of transport accessibility of community centers in Sumy on the basis of graph theory].

region based on graph theory]. In: Djakons, R., Kornus, A.O., Danylychenko, O.S., Kornus, O.H. (Eds.), *Earth Sciences, Geography, and Cartography: Regional Studies and Spatial Analysis*. Baltija Publishing, Riga, pp. 291–314. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-596-9-14> [in Ukrainian].

12. Tomashchuk, M.M. (2018). *Mozhlyvosti heoinformatsiinoho analizu v doslidzhenniakh transportnoi dostupnosti potentsiinykh administratyvnykh tsentriv OTH* [Possibilities of geoinformation analysis in the study of transport accessibility of potential administrative centers of amalgamated territorial communities]. *Inzhenerna heodeziia – Engineering Geodesy*, 65, 126–135. [in Ukrainian].

13. Tretiak, V.M., Lepetiuk, V.B. (2021). *Vyznachennia transportnoi dostupnosti pry formuvanni turystychnykh marshrutiv z dopomohoiu QGIS ta GRASS GIS* [Determining transport accessibility in the formation of tourist routes using QGIS and GRASS GIS]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban Development and Spatial Planning*, 76, 297–307. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.297-307> [in Ukrainian].

14. Ul, A.V., Melnyk, O.V., Melnyk, Yu.A., Synii, S.V. (2019). *Heoinformatsiine modeliuвання transportnoi dostupnosti terytorii* [Geoinformation modeling of transport accessibility of territories]. *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi – Modern Technologies and Calculation Methods in Construction*, 12, 213–220. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2019-2\(12\)-26](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2019-2(12)-26) [in Ukrainian].

15. Yanovskyi, P.O., Matiichyk, O.M. (2013). *Otsinka dostupnosti pasazhyrskoho transportu na rehionalnomu rivni* [Assessment of passenger transport accessibility at the regional level]. *Naukoiemni tekhnolohii – Science-Intensive Technologies*, 3, 345–348. [in Ukrainian].

16. Horoshkova, L., Bakurova, A., Sumets, O., Trysniuk, V., Shumeiko, V. (2024). *Matematychni modeliuвання transportno-lohistychnoi infrastruktury dlia poviennoho vidnovlennia Ukrainy* [Mathematical modeling of transport and logistics infrastructure for post-war recovery of Ukraine]. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia – Ecological Safety and Environmental Management*, 50(2), 142–156. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.2.142-156> [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 26.09.2025

Дата публікації: 31.10.2025