

Ігор ХОЛОШИН, Мирослав СИВИЙ, Наталя ПАНТЕЛЄЄВА, Олена ГАНЧУК

ГЕОПРОСТОРОВИЙ МОНІТОРИНГ МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Дніпропетровська область має досить розвинену та складну структуру мережі автомобільних доріг. З метою оцінки її ефективності, проведено геопросторовий моніторинг з використанням ГІС на основі даних Open Street Map. Встановлено просторово-територіальні особливості мереж (довжина доріг, рівень просторової складності, структура, забезпеченість, стійкість, щільність тощо) різних типів автомобільних доріг як для області загалом, так і для її адміністративних районів.

Ключові слова: геопросторовий моніторинг, мережа автомобільних доріг, структура мережі, транспортна забезпеченість, щільність доріг, Дніпропетровська область.

Постанова науково-практичної проблеми, актуальність і новизна дослідження. Розвиток автомобільної транспортної мережі вважається одним із ключових факторів соціально-економічного розвитку країн та регіонів. Наявність розгалуженої та топологічно-ефективної мережі автомобільних доріг, їх відповідний технічний стан забезпечують не тільки транспортну доступність населених пунктів, а й безпеку і стабільність на дорогах, швидкість та обсяг перевезень. В ході дослідження встановлено прямий зв'язок між зростанням регіонального ВВП і збільшенням обсягів та швидкістю перевезень вантажів та пасажирів [14].

При цьому слід зазначити, що вивчення транспортних мереж, як зазначив О. Топчієв, малопоширений на даний час напрям досліджень, мета яких – продемонструвати як природно-географічні, історичні, соціально-економічні особливості території впливають на формування систем транспортних комунікацій [11].

Географічне положення Дніпропетровської області визначає важливу роль автотранспортної мережі регіону у формуванні як зовнішніх, так і внутрішньорегіональних соціально-економічних зв'язків. Її територію перетинають 2 міжнародні та 3 національні автомагістралі. Окрім цього, автомобільні дороги області об'єднують між собою сотні населених пунктів та окремих об'єктів регіону. В цілому, автомобільна транспортна мережа області складається з декілька десятків тисяч кілометрів автошляхів різного типу та характеру покриття і має складну внутрішню структуру, специфічну організацію та функціональну зорієнтованість.

Таким чином, актуалізується питання оцінки ефективності автотранспортної мережі області з урахуванням її щільності, видової структури, топологічної конфігурації тощо. У зв'язку з цим, геопросторовий моніторинг автомобільних доріг Дніпропетровської області є ефективним інструментом у вирішенні низки

регіональних транспортних проблем.

Виконання завдання істотно полегшується у зв'язку з використанням сучасних геоінформаційних систем (ГІС). Автомобільні дороги є географічно розподіленими об'єктами, тому ГІС-технології є ефективним інструментом їх геопросторового аналізу. ГІС допомагає візуалізувати та зрозуміти стан наявних активів і продуктивність транспортної мережі [26].

Мета дослідження. Геопросторовий моніторинг мережі автомобільних доріг Дніпропетровської області з метою оцінки її просторової ефективності.

Аналіз останніх публікацій за темою дослідження. В останні роки серед науковців спостерігається певне зацікавлення розумінням просторової топології транспортних мереж. В роботах цього напрямку просторова природа мережі доріг розглядається як життєво важливий внесок у регіональний розвиток. З використанням різноманітних методик досліджувалися кількісні показники, що характеризують структуру транспортної мережі: неоднорідність, безперервність, моделі з'єднань тощо [17-20, 27]. При цьому відстежувалась динаміка не тільки в просторі, але й в часі [16].

Характеризуючи загальний підхід до оцінки просторової структури дорожньої мережі, слід визначити два основних типи напрямків досліджень. Перший, географічний, базується на традиційних методах просторового аналізу: щільності мережі доріг, типу та геометрії структур, характері зв'язків тощо [14, 15, 24]. У другому напрямку (математичному) використовується фрактальний метод аналізу просторово-топологічного зв'язку внутрішньої структури дорожньої мережі [19, 20, 26]. У зв'язку з аналізом великої кількості просторової інформації, в більшості досліджень використовуються ГІС-зорієнтоване програмне забезпечення [13, 20-23].

Стосовно географії досліджень, то слід відзначити, що домінують роботи з найбільш

економічно розвинених країн (США, Китаю, Великобританії тощо), причому переважно об'єктами досліджень є мегаполіси: Пекін, Лондон, Чикаго, Нью-Йорк [14, 17, 29]. Це зрозуміло, тому що саме великі міста сьогодні характеризуються вагомим транспортним навантаженням.

В Україні аналіз дорожніх мереж в основному обмежуються загально-теоретичними дослідженнями сучасного стану та рівня розвитку транспортно-дорожнього комплексу країни [1-6], а геоінформаційні технології використовуються, головним чином, для створення баз даних автомобільних доріг, а також для управління функціонуванням транспортних систем [7,9,10]. Це пов'язано, в першу чергу, з тим, що головна проблема автомобільних доріг України на сьогодні (особливо місцевих) – їх стан. Тому вивченню геопросторової топології транспортних мереж не приділяється достатньої уваги.

Як виключення можна навести дослідження щільності дорожньої мережі території України за рахунок створення моделі кількісної геопросторової оцінки автомобільних доріг на основі їх фрактальної розмірності [20]. Даний сценарій використовувався і для дослідження міських і приміських територій (на прикладі міста Одеса). Не менш важливі роботи М. Скочук [8] з аналізом впливу щільності мережі автомобільних доріг на ефективність

функціонування транспортних систем. Прикладом практичної спрямованості суспільно-географічного просторового аналізу транспортної мережі є робота В. Грицевича із співавторами [18] в якій продемонстровано вплив мережі автомобільних доріг на рівень розвитку туристичної галузі в Західних областях України. Враховуючи євроінтеграційні процеси в Україні, пов'язані також й зі створенням єдиної міжнародної системи доріг, подібні дослідження повинні стати систематичними.

Методика дослідження. В основі дослідження – дані по автотранспортній мережі області, які були отримані з онлайн-ресурсу *Open Street Map* (OSM) за допомогою формату файлу *Shape*. OSM пропонує краудсорсингові геопросторові дані, що надаються громадянськими та волонтерами. Наразі у світі зареєстровано понад шість мільйонів членів та понад шість мільярдів вузлів у базі даних OSM [21].

Як можна побачити з рисунку 1, дані про автомобільні дороги в OSM дуже детальні: на них «промальовані» майже всі шляхи, що фіксуються на території дослідження, і які були вимощені або якимось чином облаштовані для пересування за допомогою автомобілів та інших моторизованих транспортних засобів. Сьогодні практично немає топографічних карт, на яких з такою детальністю були б відображені автомобільні шляхи.

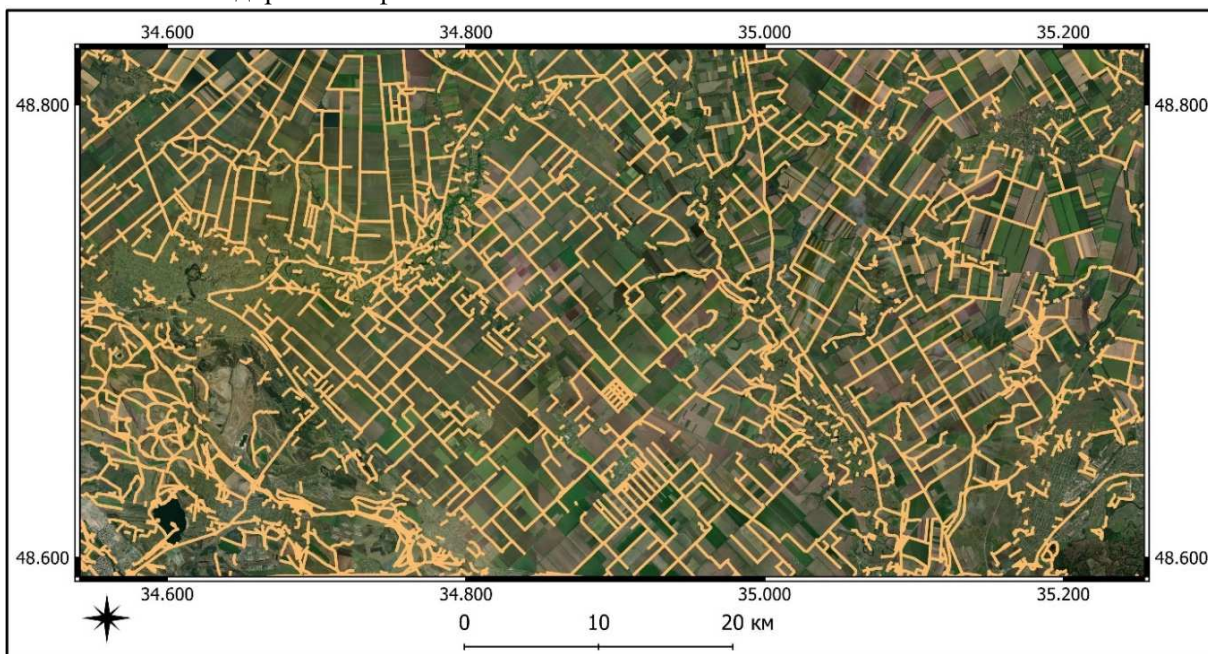


Рис. 1. Супутниковий знімок ділянки місцевості Дніпропетровської області з відображенням шару автомобільних доріг (за даними OSM)

На рис. 2 подано загальну карту всіх автомобільних доріг Дніпропетровської області, яка побудована в QGIS на основі даних OSM. Головна проблема, з якою довелося

зіткнутися, це невідповідність тегування доріг OSM (*motor-way, trunk, primary, secondary, tertiary* тощо) з класифікацією автомобільних доріг в Україні. Тому для геопросторового

аналізу доріг державного значення була окремо проведена їх векторизація.

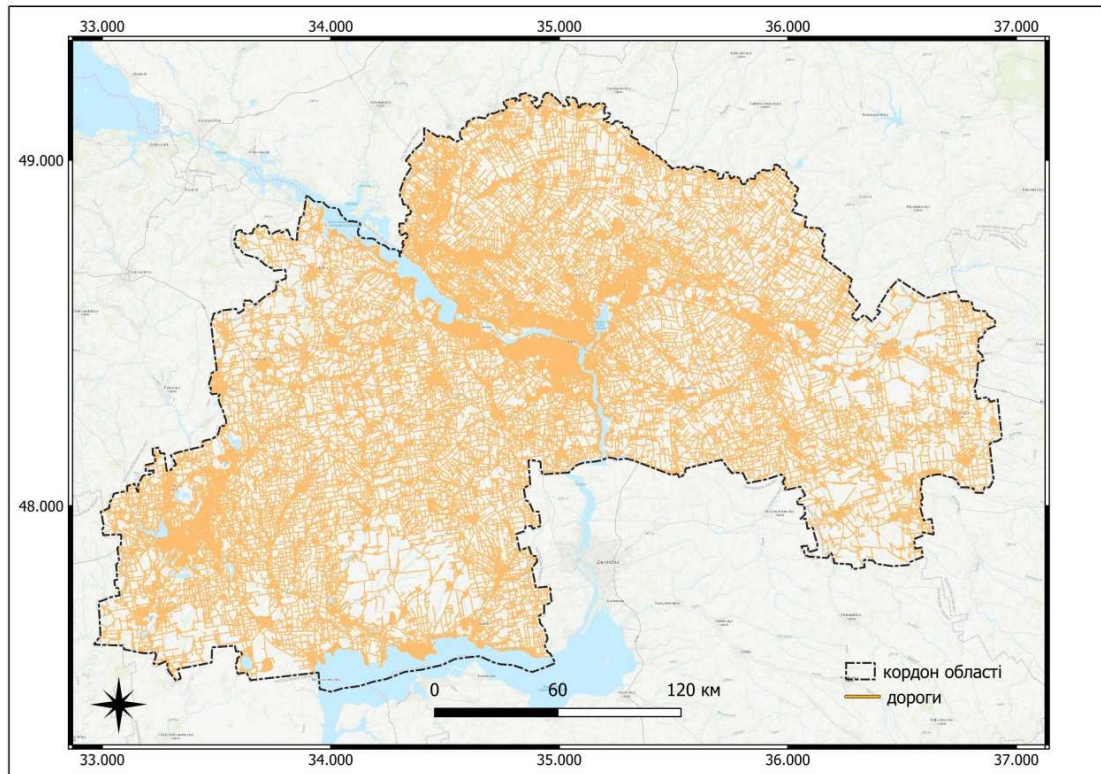


Рис. 2. Карта автомобільних доріг Дніпропетровської області (на основі даних OSM)

Геопросторовий аналіз проводився з використанням аналітичного функціоналу вільної кросплатформної геоінформаційної системи QGIS [12]. Оцінка щільності доріг здійснювалася за допомогою векторної планіметричної сітки з коміркою 5x5 км. Підрахунок довжини доріг у кожній з комірок виконувався за допомогою інструмента векторного аналізу *Сума довжин рядків*. Аналіз довжини автомобільних доріг за їх типами в адміністративних районах області здійснювався за допомогою того ж інструменту. Геопросторова візуалізація щільності доріг проведена з використанням інтерполяції методом TIN, а основними способами картографування за адміністративними одиницями були хороплет та картодіаграм.

Викладення основного матеріалу. Згідно з даними Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України (<https://restoration.gov.ua/>) мережа автомобільних доріг загального користування в Дніпропетровській області (дороги, що з'єднують між собою населені пункти та окремі об'єкти) складає 9172,0 км, в тому числі 2991 км доріг державного значення та 6181 км доріг місцевого значення, що складає 5,4% від загальної мережі доріг України.

Але загальна довжина мережі автомобільних доріг Дніпропетровської області набагато більша. Окрім доріг загального користування, сюди входять також дороги комунальної власності в населених пунктах, які підпо-

рядковані органам місцевого самоврядування і місцеві дороги територіальних громад (в тому числі відомчі та внутрішньогосподарські), частина з яких навіть не знаходиться на їх балансі.

Так, підрахунок загальної довжини доріг області, виконаний за допомогою геопросторового аналізу, отриманих в OSM показав цифру 70823 км (всіх типів покриття), з яких 3005 км – дороги державного значення (4% від загальної довжини), 33219 км – дороги місцевого значення (47%) і 34599 км – дороги в населених пунктах (49%).

Автомобільні дороги державного значення Дніпропетровської області складаються з європейських, міжнародних, національних, регіональних та територіальних типів доріг (рис. 3). Перших два типи доріг – це складові мережі міжнародних транспортних коридорів. Так, наприклад, з заходу на схід територію області перетинає дорога Е50, яка починається у французькому Бресті, а з півночі на південь – Е105, яка з'єднує норвезький Кіркенес з Ялтою (АР Крим).

Дороги національного значення суміщені з національними транспортними коридорами, які з'єднують українські міста. Наприклад, шлях Н08 Бориспіль – Маріуполь, Н11 – Дніпро-Миколаїв, Н15 – Запоріжжя-Донецьк тощо.

Регіональні дороги з'єднують дві або більше областей між собою. Приклад: Р51 –

місто Мерефа (Харківська область) - місто Павлоград, Р73 – село Дніпрові Хвилі

(Запорізька область) - місто Нікополь тощо.

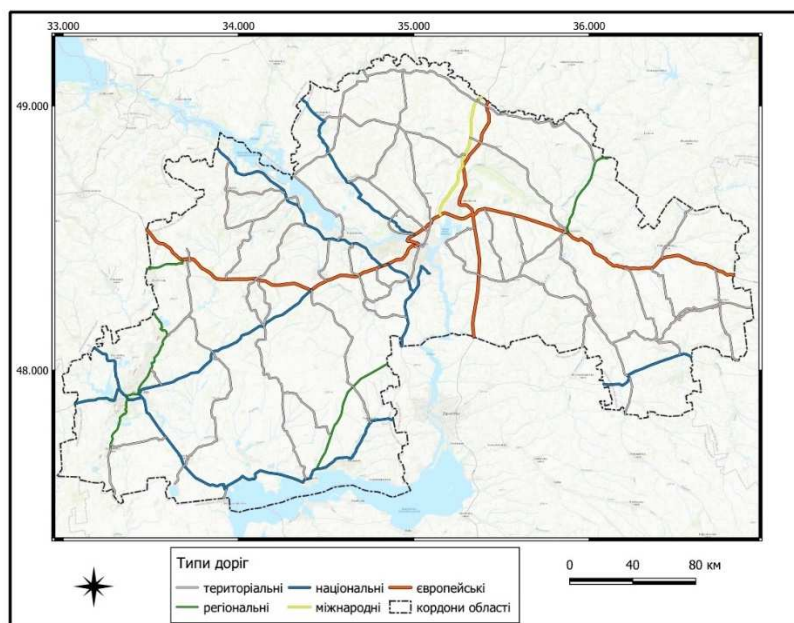


Рис. 3. Карта автомобільних доріг державного значення Дніпропетровської області

Територіальні шляхи з'єднують адміністративні центри області. Наприклад, автошлях Т0402 пролягає територією Дніпровського та Новомосковського районів і з'єднує місто Дніпро з селищем Соколовим, а Т0436 в Нікопольському районі з'єднує села Капулівка і Набережне.

На рис. 4 наведено розрахунки розподілу довжин доріг державного значення Дніпропетровської області за їх типами, отримані з використанням картометричних операцій в ГІС. Вони в цілому збігаються з даними служби автомобільних доріг Дніпропетровської області (<https://dp.ukravtodor.gov.ua/>).

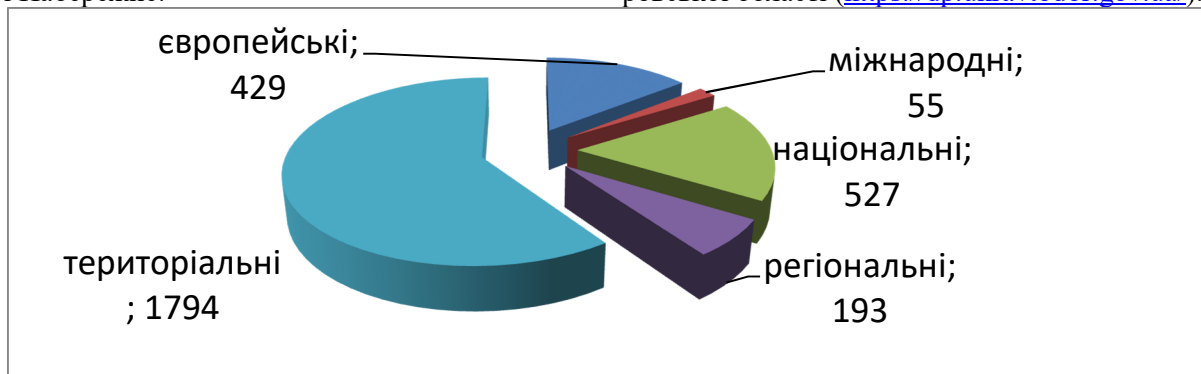


Рис. 4. Співвідношення довжин (в км) різних типів автомобільних доріг державного значення Дніпропетровської області

Видно, що довжина територіальних автомобільних доріг області суттєво домінує над довжиною міжнародних та національних шляхів, а це, враховуючи євроінтеграційне орієнтування економіки України, вказує на недоліки у стані автотранспортної мережі регіону. При цьому, майже всі міжнародні дороги проходять через міста та селища області, що не відповідає вимогам до шляхів такого типу. Тому, враховуючи вигідне географічне положення області, формування нової мережі швидкісних автомобільних доріг через її територію забезпечить інтенсивний соціально-економічний розвиток як області так і України

загалом.

Згідно з класифікацією, прийнятою в транспортній географії [24], структура мережі автомобільних доріг області варіюється від *цен-тралізованого* типу у західній (з центральним вузлом у місті Кривий Ріг), північній (з центральним вузлом у селищі Магдалинівка) та північно-східній (з центральним вузлом у місті Павлоград) частинах (рис. 2) до *розподіленого* типу в інших регіонах.

При цьому слід звернути увагу на те, що структура централізованого типу західної частини регіону сформована дорогами національного та регіонального типів, північної –

територіального типу, а північно-східного – міжнародними та територіальними. Це відіграє важливу роль при оцінці ефективності і стійкості мережі. Мережі централізованої структури в цілому характеризуються меншою доступністю та здатністю підтримувати транспортні потоки у разі збою і ці показники погіршуються у випадку, коли в її основі дороги більш низького рівня, а як результат, знаходяться у гіршому технічному стані.

Одним з важливих показників розвитку транспортної мережі вважається її щільність. Щільність мережі вимірюється як відношення довжини мережі до площі території регіону:

$$Ds = L / S;$$

де Ds – показник щільності мережі; L – довжина мережі; S – площа території регіону.

Але при рівній площі регіонів потреба в транспорті буде більша в тих регіонах, чисельність населення яких вища, тому для узагальненої характеристики транспортної забезпеченості території Е. Енхель запропонував формулу визначення показника загальної щільності мережі DE із урахуванням площі регіону та кількості населення, що проживають на його території [3]:

$$DE = L / \sqrt{S * H};$$

де DE – показник загальної щільності мережі; L – довжина мережі; S – площа території регіону; H – кількість населення.

Щільність доріг Дніпропетровської області загального користування складає 0,29

км/км², що фактично відповідає середньому показнику для України (0,28 км/км²). Для порівняння, щільність автомобільних доріг Франції – 1,88 км/км², Індії 1,43 км/км², США – 0,70 км/км² тощо.

За технічним станом, це переважно дороги з твердим та з удосконаленими типами покриття (цементобетон, асфальтобетон, чорні шосе).

Просторова диференціація щільності автотранспортної мережі Дніпропетровської області аналізувалась за показником довжини доріг у кожній з комірок векторної планіметричної сітки розміром 5x5 км (рис. 5). Його величина змінюється в широкому діапазоні від 0 до 400 км на одну комірку при середньому значенні 7,3 км. Показники вище 100 км відносяться до аномальних і зустрічаються лише на окремих територіях великих міст області.

В просторі регіону щільність також змінюється вкрай нерівномірно. Найбільша концентрація доріг спостерігається в населених пунктах області (рис. 5а). Тому на карті інтерполяції показника щільності автомобільних мереж Дніпропетровської області (рис. 6а) «гарячі» зони показника (позначені червоним кольором) фактично демонструють розташування міст на території області, причому для найбільших міст (Дніпро, Кривий Ріг) ці зони майже повністю повторюють просторову конфігурацію цих міст.

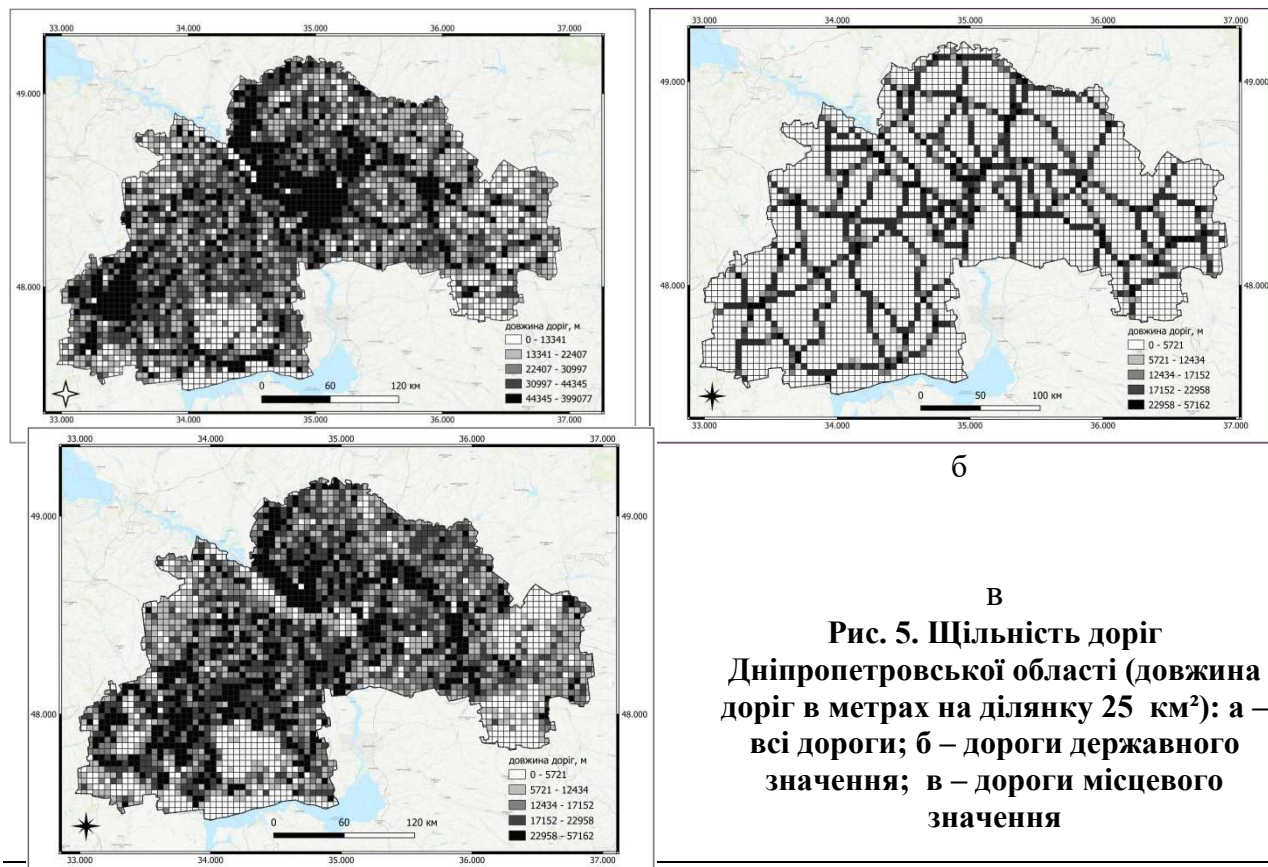
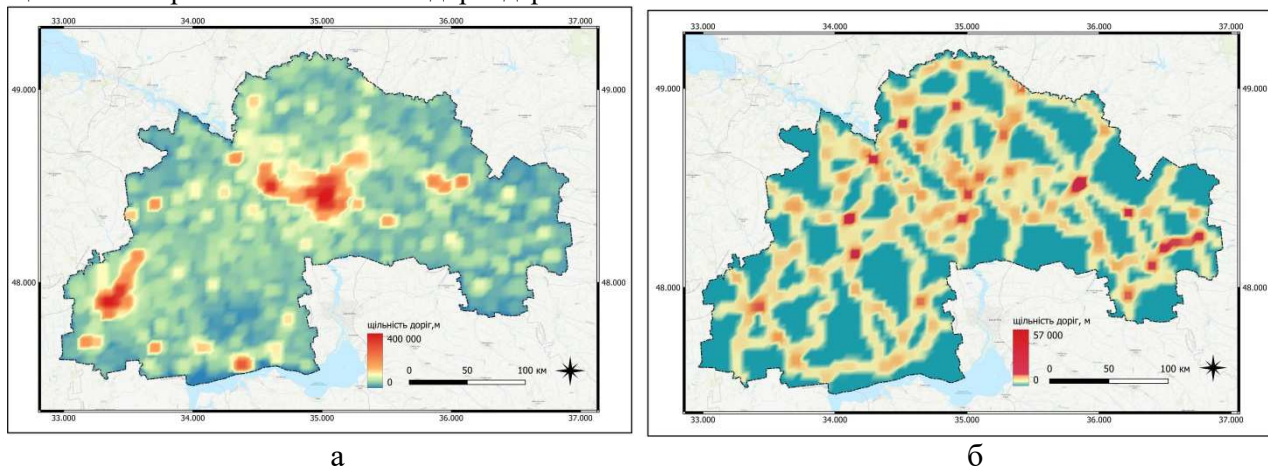


Рис. 5. Щільність доріг Дніпропетровської області (довжина доріг в метрах на ділянку 25 км²): а – всі дороги; б – дороги державного значення; в – дороги місцевого значення

Просторова диференціація показника щільності доріг державного значення області, як і варто було очікувати, демонструє загальну структуру мережі (рис. 5б). Середній показник щільності мережі автомобільних доріг держав-

ного значення дорівнює лише 0,0049 км/км². Це в декілька разів менше показника, прийнятого в розвинених країнах для загально-міських магістралей.



а

б

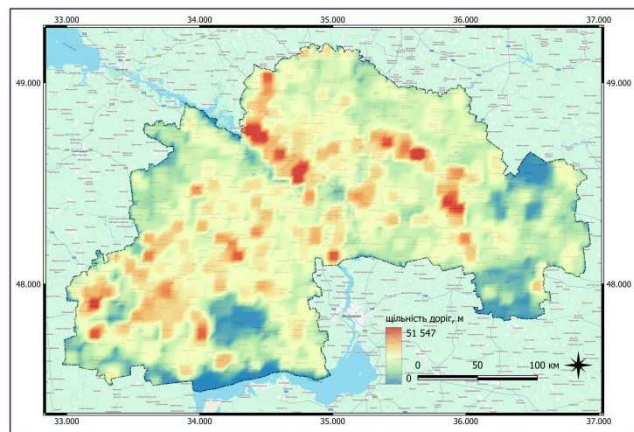


Рис. 6. Інтерполяція методом ТІН показника щільності доріг Дніпропетровської області: а – всі дороги; б – дороги державного значення; в – дороги місцевого значення

«Гарячі» точки на карті (рис. 6б) пов'язані з місцями перетину автомобільних доріг різного рівня і переважно знаходяться поза територіями населених пунктів. Це дає можливість зробити висновки, що каркас мережі доріг – компроміс між історичним розташуванням населених пунктів, природно-географічними особливостями території (рельєф,

гідрологія, геологічна будова тощо) та обмеженнями у вартості будівництва.

Довжина доріг місцевого значення в декілька разів перевищує довжину доріг державного значення (рис. 7). Як результат, їх середня щільність для області становить 1,04 км/км².

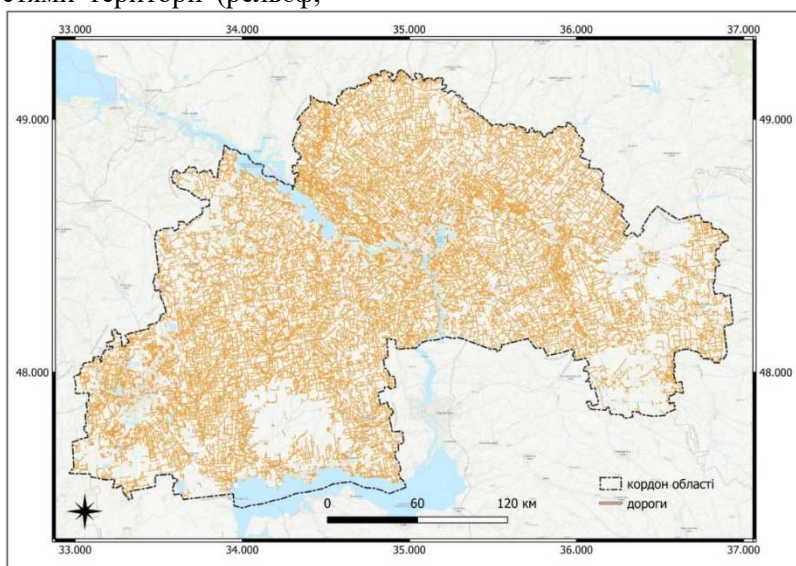


Рис. 7. Карта автомобільних доріг місцевого значення Дніпропетровської області

Вони забезпечують більшість внутрішньорегіональних пасажиро- й вантажопотоків але, на відміну від попередніх, в основному характеризуються низькими показниками якості покриття: домінують дороги перехідного типу (щебеневі, гравійні, бруківки) та ґрунтові.

Характеризуючи просторовий розподіл показника щільності доріг місцевого значення (рис. 5в), слід зазначити, що їх найбільша концентрація відмічається у центральних частинах регіону, а найменша на сході та півдні регіону. «Гарячі» точки (рис. 6в) тяжіють, на відміну

від доріг державного значення, до середніх та малих населених пунктів, що вказує на те, що формування структури мережі цих доріг взаємопов'язане з характером розселення.

Мережа міських доріг Дніпропетровської області не є об'єктом даного дослідження. Вона має свою типізацію та досить складну структуру при вкрай високій щільності. Як прикладу наведено карту мережі автомобільних доріг міста Кривий Ріг (рис. 8). Тому вони розглядаються як об'єкт для окремих досліджень.

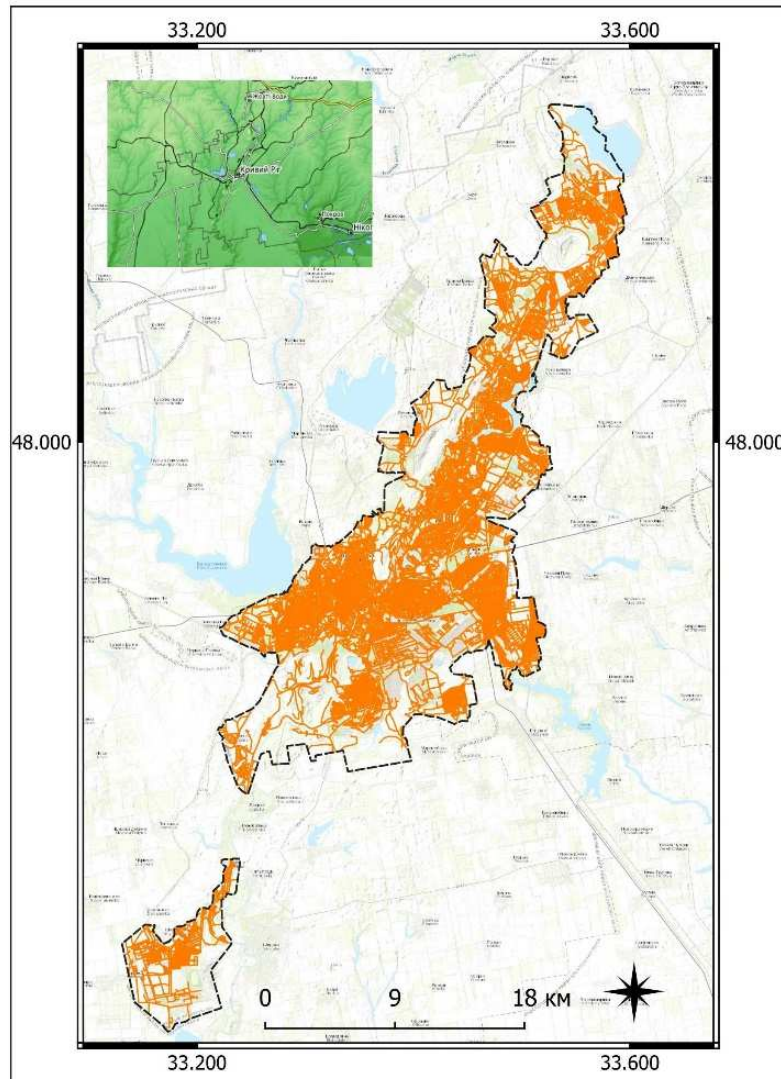


Рис. 8. Карта мережі міських доріг м. Кривий Ріг

Аналіз автомобільних доріг області за адміністративними одиницями (районами) підтвердив їх геопросторову неоднорідність. Дніпропетровська область поділяється на 7 районів: Дніпровський, Кам'янський, Криворізький, Новомосковський, Павлоградський, Синельниківський.

В таблиці 1 наведено розподіл довжин до-ріг за їх типами за районами області. З'ясовано, що найбільша довжина доріг спостері-

гається в найбільш економічно розвинених районах – Дніпровському та Криворізькому, а найменша – Павлоградському та Нікопольському. Така ж тенденція характерна і для доріг місцевого значення та для доріг населених пунктів районів. Але найбільша довжина доріг державного значення в Синельниківському, Дніпровському та Кам'янському районах, за тих самих аутсайдерів (рис. 9).

Стосовно співвідношення довжин доріг за типами (рис. 10) слід відзначити, що для трьох районів області характерно домінування міських доріг в їх загальній мережі: Дніпровському (57%), Криворізькому (53%) та Нікопольському (52%). Для перших двох це пов'я-

зано з наявністю в складі районів великих міст з дуже розвинуеною мережею міських доріг (Дніпро та Кривий Ріг), а для останнього – найменшою загальною довжиною доріг в області серед всіх районів.

Таблиця 1

Довжина типів доріг за районами Дніпропетровської області

Райони області	Довжина доріг, км			
	всього	державного значення	місцевого значення	населених пунктів
Криворізький	14473	461	6319	7693
Нікопольський	4853	226	2111	2517
Дніпровський	18807	595	7558	10653
Кам'янський	10393	523	4993	4876
Новомосковський	7673	420	4104	3149
Павлоградський	4953	177	2893	1883
Синельниківський	9671	603	5240	3828
Загалом:	70823	3005	33219	34599

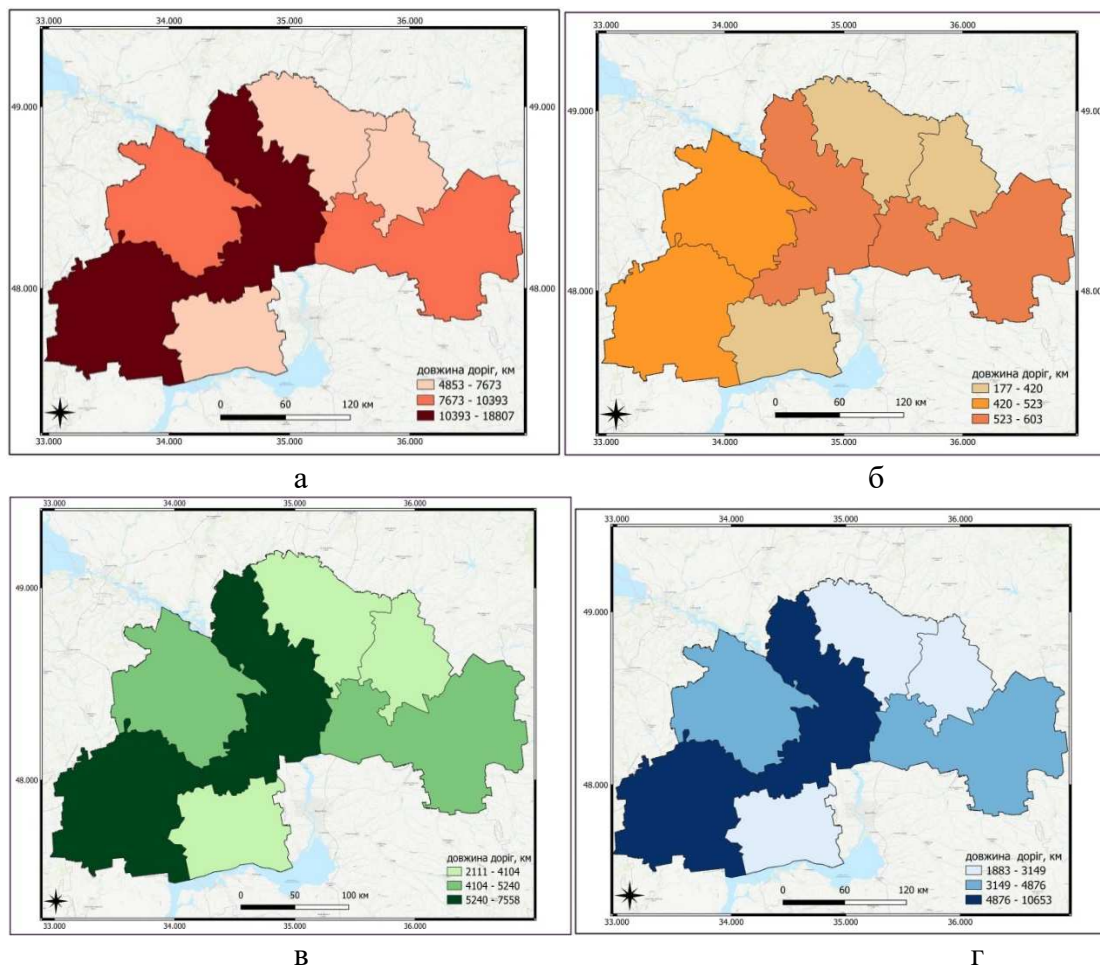


Рис. 9. Хороpletні карти загальної довжини доріг за районами Дніпропетровської області: а – всі дороги; б – дороги державного значення; в – дороги місцевого значення; г – дороги населених пунктів

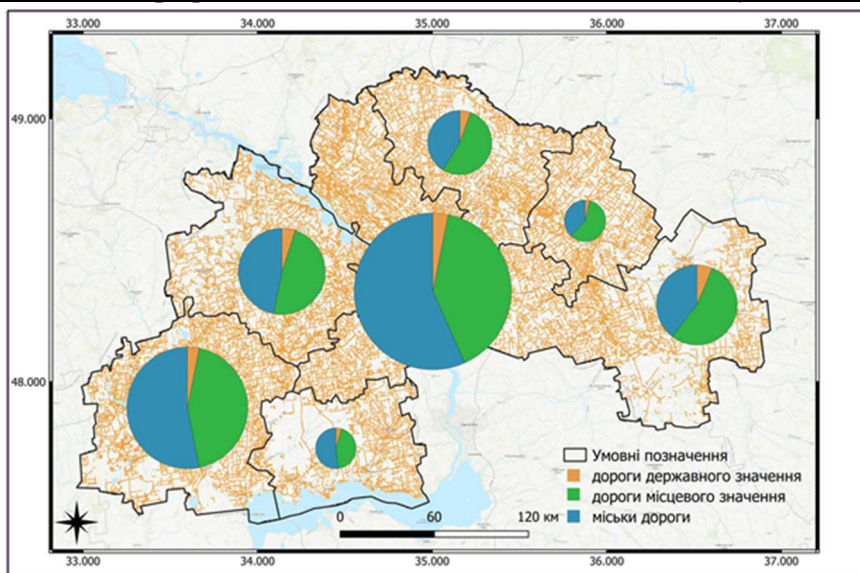


Рис. 10. Карта співвідношення довжин доріг за їх типами за районами Дніпропетровської області

В таблиці 2 можна побачити показники щільності типів доріг за районами області. Найбільша щільність мережі автомобільних доріг в Дніпровському та Криворізькому районах, найменша – в Нікопольському та Синельниківському. Але найбільші показники

щільності доріг державного значення в Новомосковському та Кам'янському районах. Щільність місцевих доріг найвища в північних районах області, найменша – на півдні та на сході (рис. 11).

Таблиця 2

Показники щільності типів доріг за районами Дніпропетровської області

Райони	Щільність км/км ²			Загальна щільність		
	всього	держав. значення	місцев. значення	всього	держав. значення	місцев. значення
Криворізький	2,528	0,080	1,104	0,218	0,007	0,095
Нікопольський	1,495	0,070	0,650	0,166	0,008	0,072
Дніпровський	3,355	0,106	1,348	0,231	0,007	0,093
Кам'янський	2,164	0,109	1,040	0,226	0,011	0,109
Новомосковський	2,206	0,121	1,180	0,314	0,017	0,168
Павлоградський	2,038	0,073	1,191	0,249	0,009	0,145
Синельниківський	1,460	0,091	0,791	0,263	0,016	0,142

Суттєво інакше виглядає просторова диференціація показника загальної щільності (табл. 2). Фактично всі типи доріг в районах східної та північно-східної частинах області (Новомосковський, Павлоградський та Синельниківський) характеризуються найбільшими значеннями цього показника, демонструючи найкращу транспортну забезпеченість автомобільних доріг Дніпропетровської області, на відміну від західних районів (рис. 12). Головна причина цьому – мала чисельність населення, що проживає на сході області.

Висновки. Вивчення територіальної організації транспортних мереж на основі їх геопросторового моніторингу відіграє важливу роль у розумінні соціально-економічного розвитку регіону. В ході дослідження було встановлено таке:

1. На основі даних OSM проведено

підрахунок довжин всіх типів доріг області. Загальна довжина – 70823 км (всіх типів покриття), з яких 3005 км – дороги державного значення (4% від загальної довжини), 33219 км – дороги місцевого значення (47%) і 34599 км – дороги в населених пунктах (49%).

2. Структура мережі автомобільних доріг державної власності в області варіюється від *централізованого* типу у західній (з центральним вузлом у місті Кривий Ріг), північній (з центральним вузлом у селищі Магдалинівка) та північно-східній (з центральним вузлом у місті Павлоград) частинах до *розподіленого* типу в інших регіонах.

3. Довжина державних автомобільних доріг територіального типу в області суттєво домінує над довжиною міжнародних та національних шляхів, а це, враховуючи євроінте-

граційне орієнтування економіки України, вказує на потребу оптимізації автотран-

спортної мережі регіону.

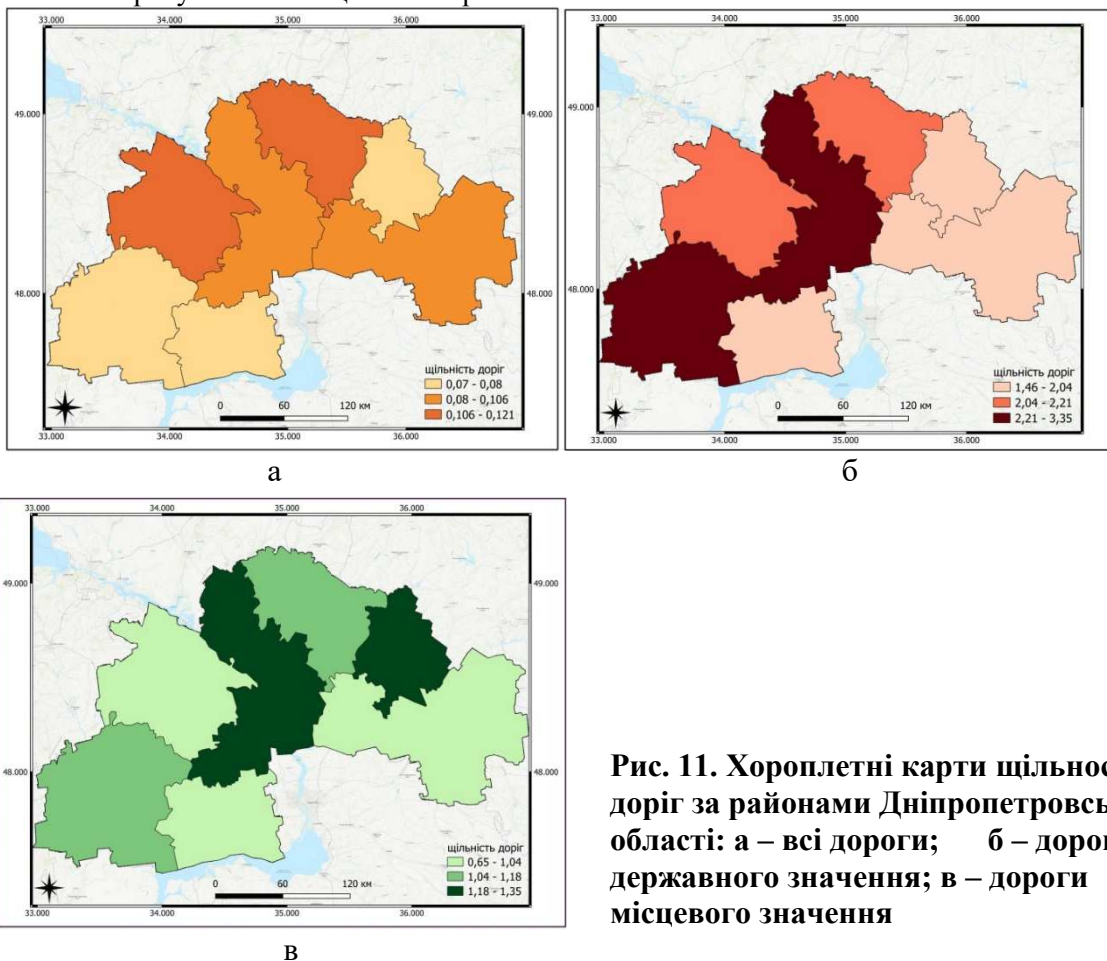


Рис. 11. Хороплетні карти щільності доріг за районами Дніпропетровської області: а – всі дороги; б – дороги державного значення; в – дороги місцевого значення

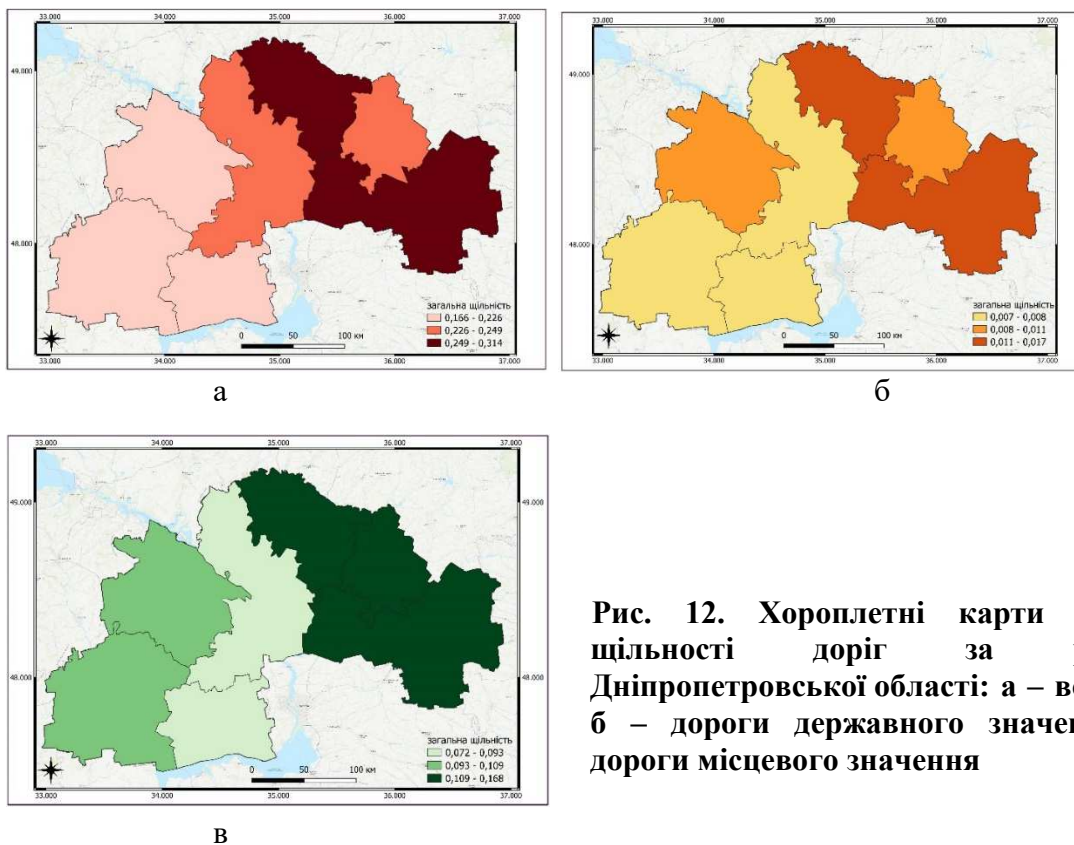


Рис. 12. Хороплетні карти загальної щільності доріг за районами Дніпропетровської області: а – всі дороги; б – дороги державного значення; в – дороги місцевого значення

4. Середній показник щільності мережі автомобільних доріг державного значення дорівнює 0,0049 км/км², для доріг місцевого значення - 1,04 км/км².

5. Найбільша концентрація доріг місцевого значення фіксується у центральних частинах регіону, найменша - на сході та півдні регіону. «Гарячі» точки тяжіють до середніх та малих населених пунктів, що вказує на формування структури мережі у взаємозв'язку з характером розселення.

6. Найбільша довжина мережі автомобільних доріг відмічена в найбільш економічно розвинених районах – Дніпровському та Криворізькому, найменша – Павлоградському та Нікопольському. Така ж тенденція характерна і для доріг місцевого значення та доріг населених пунктів районів.

7. Всі типи доріг в районах східної та північно-східної частинах області (Новомосковський, Павлоградський та Синельниківський) характеризуються найбільшими значеннями загальної щільності, демонструючи найкращу транспортну забезпеченість автомобільних доріг Дніпропетровської області на відміну від західних районів.

Перспективи використання результатів дослідження.

Для отримання більш повної інформації про територіальну організацію автомобільних доріг Дніпропетровської області планується продовження геопросторового моніторингу дорожньої мережі головних міст області: Дніпра, Кривого Рогу та Кам'янського.

Література:

1. Вдовенко В. В., Веклич Л. М. Картографування транспортної мережі України. Вісник геодезії та картографії, № 2, 2014. С. 33-34.
2. Галушко В.О. Проблеми та перспективи розвитку дорожньої галузі. Дорожня галузь. № 2, 2011. С. 12-15.
3. Дудник І.М. Транспортна географія. Підручник. Київ: НАУ, 2016. 288 с.
4. Мікловда В.П. Сучасний стан та рівень розвитку автомобільної інфраструктури України. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка». Випуск 32. Ужгород: Вид-во Ужгородського національного університету. 2011. С. 6 -13.
5. Нестеренко Г.І., Литвиненко С.Л., Яновський П.О., Габрієлова Т.Ю., Авраменко С.І. Загальні основи транспортної географії. Підручник Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 184 с.
6. Пащенко Ю.С. Транспортно-дорожній комплекс України в процесах міжнародної інтеграції: НАН України. Рада по вивч. продукт. сил України. Ніжин: АспектПоліграф. 2008. 192 с.
7. Сизоненко В.В., Рибіцький Л.Л. Тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних технологій. Дорожня галузь України. № 3, 2008. С. 62 - 63.
8. Скочук М.П. Дослідження впливу щільності мережі автомобільних доріг на ефективність функціонування транспортних систем. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. Луцьк: Луцький НТУ, №2(9), 2017. С. 153 - 159.
9. Тимошук О.Ю., Рахуба О.І. Впровадження геоінформаційних технологій для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами. Автомобільні дороги. № 5 (247), 2015. С. 44 - 46.
10. Ткаченко І.В. Особливості створення баз даних автомобільних доріг з застосуванням геоінформаційних технологій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: збірник наукових праць. Луцьк: ЛНТУ, Вип. 6, 2017. С. 268 - 274.
11. Топчієв О.Г. Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики. Навчальний посібник. Одеса: Астропринт. 2005. 632 с.
12. Холошин І.В., Бондаренко О.В., Ганчук О.В., Варфоломєєва І.М. Практикум з цифрової картографії: навчальний посібник. Прага: Oktan Print, 2023. 174 с.
13. Afshin Shariat Mohaymany, Matin Shahri & Babak Mirbagheri () GIS-based method for detecting high-crash-risk road segments using network kernel density estimation, Geo-spatial Information Science, 16:2, 2013. P. 113-119.
14. Bo Liu, Yu Shi, Da-Jun Li, Yan-Dong Wang An Economic Development Evaluation Based on the OpenStreetMap Road Network Density: The Case Study of 85 Cities in China. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2020, 9, 517.
15. Chen, M., Wu, F., Yin, M., Xu, J. Impact of Road Network Topology on Public Transportation Development. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Volume 2021, 2021. P 1-11.
16. Erath A, Lochl M. and Axhausen K. Graph-Theoretical Analysis of the Swiss Road and Railway Networks over Time, *Networks and Spatial Economics*, Volume 9 (3), 2009. P. 379 - 400.
17. Gastner M. and Newman M. The Spatial Structure of Networks, *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, Volume 49 (2), 2006, P. 247-252.
18. Grytsevych, V. S., Podvirna, K. Y., & Senkiv, M. I. Motor transport network in the Western region of Ukraine as a factor of tourism industry development. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, Series Geology. Geography. Ecology* ", Volume (50), 2019. P.91-100.
19. Hongxing Deng, Wen Wen, Wenhui Zhang Analysis of Road Networks Features of Urban Municipal. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2023, Volume 12, P. 188.
20. Karpinski, M., Kuznichenko, S., Kazakova, N., Frazze-Frazenko, O. Jancarczyk, D. Geospatial Assessment of the Territorial Road Network by Fractal Method. *Future Internet* 2020, Volume 12, P. 201.
21. Sehra, S.S., Singh, J., Sehra, S.K. et al. Extending QGIS processing toolbox for assessing the geometrical properties of OpenStreetMap data. *Spat. Inf. Res.* Volume 31, 2023. P. 135–144.
22. Sreelekha M.G., Krishnamurthy K., Anjaneyulu. M.V.L.R. Interaction between Road Network Connectivity and Spatial Pattern. International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology (ICETEST - 2015) *Procedia Technology* Volume 24, 2016. P. 131 – 139.

23. Pradip Debnath A QGIS-Based Road Network Analysis for Sustainable Road Network Infrastructure: An Application to the Cachar District in Assam, India. *Infrastructures* 2022, Volume 7, P. 114.
24. Rodrigue J. P, Comtois C, and Slack B. *The Geography of Transport System*, London, New York, Routledge, 2006. 297 p.
25. Rodrigue J. P. *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 2020. 456 p.
26. Wen, W.; Zhang, W.; Deng, H. Research on Urban Road Network Evaluation Based on Fractal Analysis. *J. Adv. Transp.* 2023, Volume 2023.
27. Xie F. *The Evolution of Road Networks: A Simulation Study Based on Network Degeneration*, Master's thesis, Department of Civil Engineerig, University of Minnesota, Minneapolis, MN, 2005. 97 p.
28. Xie F and Levinson D. Measuring the Structure of Road Networks, *Geographical Analysis*, 2007, 39 (3). P. 336-356.
29. Zhao, Guoliang, Xinqi Zheng, Zhiyuan Yuan, and Lulu Zhang. 2017. "Spatial and Temporal Characteristics of Road Networks and Urban Expansion" *Land* 6, № 2: 30.

References:

1. Vdovenko V. V., Veklych L. M. Kartohrafuvannya transportnoyi merezhi Ukrainy. *Visnyk heodeziyi ta kartohrafiyi*, № 2, 2014. S. 33-34.
2. Halushko V.O. Problemy ta perspektyvy rozvytku dorozhn'oyi haluzi. *Dorozhnya haluz'*. № 2, 2011. S. 12-15.
3. Dudnyk I.M. *Transportna heohrafiya*. Pidruchnyk. Kyiv: NAU, 2016. 288 s.
4. Miklovda V.P. Suchasnyy stan ta riven' rozvytku avtomobil'noyi infrastruktury Ukrainy. *Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho universytetu. Seriya «Ekonomika»*. Vypusk 32. Uzhhorod: Vyd-vo Uzhhorods'koho natsional'noho universytetu. 2011. S. 6 -13.
5. Nesterenko H.I, Lytvynenko S.L., Yanovs'kyi P.O., Habrielova T.YU., Avramenko S.I. *Zahal'ni osnovy transportnoyi heohrafiyi*. Pidruchnyk Kyiv: Vydavnychyy dim «Kondor», 2019. 184 s.
6. Pashchenko YU.YE. *Transportno-dorozhniy kompleks Ukrainy v protsesakh mizhnarodnoyi intehratsiyi: NAN Ukrainy*. Rada po vyvch. produkt. syl Ukrainy. Nizhyn: AspektPolihraf. 2008. 192 c.
7. Syzonenko V.V., Rybys'kyy L.L. Tendentsiyi rozvytku upravlinnya dorozhnim hospodarstvom na osnovi novitnikh svitovykh heoinformatsiynykh tekhnolohiy. *Dorozhnya haluz' Ukrainy*. № 3, 2008. S. 62 - 63.
8. Skochuk M.P. Doslidzhennya vplyvu shchil'nosti merezhi avtomobil'nykh dorih na efektyvnist' funktsionuvannya transportnykh system. *Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti*. *Naukovyy zhurnal. Luts'k: Luts'kyy NTU, №2(9)*, 2017. S. 153 - 159.
9. Tymoshchuk O.YU., Rakhuba O.I. *Vprovadzhennya heoinformatsiynykh tekhnolohiy dlya udoskonalennya protsesu upravlinnya avtomobil'nykh dorohamy*. *Avtomobil'ni dorohy*. № 5 (247), 2015. S. 44 - 46.
10. Tkachenko I.V. Osoblyvosti stvorennya baz danykh avtomobil'nykh dorih z zastosuvanniam heoinformatsiynykh tekhnolohiy. *Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zbirnyk naukovykh prats'*. Luts'k: LNTU, Vyp. 6, 2017. S. 268 - 274.
11. Topchiyev O.H. *Suspil'no-heohrafichni doslidzhennya: metodolohiya, metody, metodyky*. Navchal'nyy posibnyk. Odesa: Astroprint. 2005. 632 s.
12. Kholoshyn I.V., Bondarenko O.V., Hanchuk O.V., Varfolomyeyeva I.M. *Praktykum z tsyfrovoyi kartohrafiyi: navchal'nyy posibnyk*. Praha. Oktan Print, 2023. 174 c
13. Afshin Shariat Mohaymany, Matin Shahri & Babak Mirbagheri () GIS-based method for detecting high-crash-risk road segments using network kernel density estimation, *Geo-spatial Information Science*, 16:2, 2013. P. 113-119.
14. Bo Liu, Yu Shi, Da-Jun Li, Yan-Dong Wang An Economic Development Evaluation Based on the OpenStreetMap Road Network Density: The Case Study of 85 Cities in China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2020, 9, 517.
15. Chen, M., Wu, F., Yin, M., Xu, J. Impact of Road Network Topology on Public Transportation Development. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Volume 2021, 2021. P 1-11.
16. Erath A, Lochl M. and Axhausen K. Graph-Theoretical Analysis of the Swiss Road and Railway Networks over Time, *Networks and Spatial Economics*, Volume 9 (3), 2009. P. 379 - 400.
17. Gastner M. and Newman M. The Spatial Structure of Networks, *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, Volume 49 (2), 2006, P. 247-252.
18. Grytsevykh, V. S., Podvirna, K. Y., & Senkiv, M. I. Motor transport network in the Western region of Ukraine as a factor of tourism industry development. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, Series Geology. Geography. Ecology"*, Volume (50), 2019. P.91-100.
19. Hongxing Deng, Wen Wen, Wenhui Zhang Analysis of Road Networks Features of Urban Municipal. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2023, Volume 12, P. 188.
20. Karpinski, M., Kuznichenko, S., Kazakova, N., Frazee-Frazenko, O. Jancarczyk, D. Geospatial Assessment of the Territorial Road Network by Fractal Method. *Future Internet* 2020, Volume 12, P. 201.
21. Sehra, S.S., Singh, J., Sehra, S.K. et al. Extending QGIS processing toolbox for assessing the geometrical properties of OpenStreetMap data. *Spat. Inf. Res.* Volume 31, 2023. P. 135–144.
22. Sreelekha M.G., Krishnamurthy K., Anjaneyulu. M.V.L.R. Interaction between Road Network Connectivity and Spatial Pattern. *International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology (ICETEST - 2015) Procedia Technology* Volume 24, 2016. P. 131 – 139.
23. Pradip Debnath A QGIS-Based Road Network Analysis for Sustainable Road Network Infrastructure: An Application to the Cachar District in Assam, India. *Infrastructures* 2022, Volume 7, P. 114.
24. Rodrigue J. P, Comtois C, and Slack B. *The Geography of Transport System*, London, New York, Routledge, 2006. 297 p.
25. Rodrigue J. P. *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 2020. 456 p.
26. Wen, W.; Zhang, W.; Deng, H. Research on Urban Road Network Evaluation Based on Fractal Analysis. *J. Adv. Transp.* 2023, Volume 2023.
27. Xie F. *The Evolution of Road Networks: A Simulation Study Based on Network Degeneration*, Master's thesis, Department of Civil Engineerig, University of Minnesota, Minneapolis, MN, 2005. 97 p.
28. Xie F and Levinson D. Measuring the Structure of Road Networks, *Geographical Analysis*, 2007, 39 (3). P. 336-356.
29. Zhao, Guoliang, Xinqi Zheng, Zhiyuan Yuan, and Lulu Zhang. 2017. "Spatial and Temporal Characteristics of Road Networks and Urban Expansion" *Land* 6, № 2: 30.

Abstract:

Ihor KHOLOSHIN, Myroslav SYVYJ, Natalia PANTELEEVA, Olena HANCHUK. GEOSPATIAL MONITORING OF THE ROAD NETWORK OF THE DNIPROPETROV REGION

The development of the road transport network is considered to be one of the crucial factors of the sustainable development of the country and regions. The presence of an extensive and topologically efficient road network and their appropriate technical condition ensure not only transport accessibility of settlements and road safety and stability, but also the speed and volume of transportation.

The geographical location of Dnipropetrovsk oblast determines the important role of the region's road transport network in the formation of both external and intra-regional socio-economic relations. The oblast's road transport network consists of a few tens of thousands of kilometres of roads of various types of surfaces, and it has a complex internal structure, specific organization, and functional orientation. Therefore, geospatial monitoring of roads in Dnipropetrovsk oblast is an effective instrument for solving a number of regional transportation problems.

On the basis of crowdsourced geospatial data from Open Street Map using QGIS, the study of spatial and territorial features of networks (road length, level of spatial complexity, structure, provision, stability, density, etc.) of different types of roads both for the oblast as a whole and over its administrative districts was conducted.

The calculation of the total length of the region's roads using geospatial analysis showed a figure of 70823 km (all types of pavement), of which 3005 km are roads of national importance (4% of the total length), 33219 km are roads of local importance (47%) and 34599 km are roads in settlements (49%).

It has been established that the structure of the state-owned road network in the oblast varies from a centralized type in the western (with a central hub in the city of Kryvyi Rih), northern (with a central hub in the village of Mahdalynivka) and north-eastern (with a central hub in the city of Pavlohrad) parts to a distributed type in other regions. It should be noted that the centralized structure of the western part of the region is formed by national and regional roads, the northern part by territorial roads, and the north-eastern part by international and territorial roads. This plays an important role in assessing the efficiency and sustainability of the network.

The length of state roads of the territorial type in the region significantly dominates the length of international and national roads, which, given the European integration orientation of Ukraine's economy, indicates shortcomings in the state of the region's road transport network. At the same time, almost all international roads pass through the oblast's cities and towns, which does not meet the requirements for this type of road. Therefore, given the favourable geographical location of the oblast, the formation of a new network of highways through its territory will ensure intensive socio-economic development of both the region and Ukraine as a whole.

The average density of the national highway network is only 0.0049 km/km². This is several times less than the rate used in developed countries for citywide highways. The hot spots on the map are connected with the intersections of roads of different levels and are mostly located outside the territories of settlements. This allows us to conclude that the road network framework is a compromise between the historical location of settlements, natural and geographical features of the territory (terrain, hydrology, geological structure, etc.) and construction cost constraints.

The length of local roads is several times longer than the length of national roads. As a result, their average density for the region is 1.04 km/km², with the highest concentration in the central parts of the region and the lowest in the east and south of the region.

The analysis of the region's roads by administrative units (raions) confirmed their geospatial diversity. The longest roads are observed in the most economically developed districts – Dnipro and Kryvyi Rih raions, and the shortest – in Pavlohrad and Nikopol raions. The same tendency is typical for local roads and roads in the settlements of the raions. However, the longest roads of national importance are in Synelnykove, Dnipro and Kamianske raions.

All types of roads in the raions of the eastern and north-eastern parts of the oblast (Novomoskovsk, Pavlohrad, and Synelnykove) are characterized by the highest figures for total density, demonstrating the best transport provision of roads in Dnipropetrovsk oblast in contrast to the western districts. The main reason for this is the low population size in the east of the oblast.

Keywords: geospatial monitoring, road network, network structure, transport availability, road density, Dnipropetrovsk region.

Надійшла 04.04.2024 р.