

DOI: 10.26565/2075-1893-2025-41-03
УДК 91.528.9

Віліна Пересадько*

д.геогр.наук, професор кафедри фізичної географії та картографії; e-mail: vilinaperesadko@karazin.ua;
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2439-2788>

Олег Дмитриков*

аспірант кафедри фізичної географії та картографії ОНП Науки про Землю; e-mail: oleg.dmytrykov@student.karazin.ua;
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9717-2033>

Андрій Єсіпов*

аспірант кафедри фізичної географії та картографії ОНП Науки про Землю; e-mail: andreyesipov82@gmail.com;
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-0922-6856>

* Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

Вплив природних факторів на точність картографічної візуалізації просторово-часових структур автомобільних шляхів України

Мета статті – проаналізувати вплив основних природних факторів, рельєфу місцевості, гідрологічних умов, кліматичних (погодних) явищ та рослинного покриву, на точність картографічної візуалізації автомобільних шляхів України.

Основний матеріал. Поняття точності картографічної візуалізації розглядається в широкому спектрі факторів – не лише як геометрична точність візуалізації, але і як повнота, своєчасність/оперативність і достовірність інформації. В статті проведено порівняльний аналіз змісту і умовних позначень автомобільних шляхів за нормативними документами Європи, США, Канади і України. Встановлено, що зображувальні засоби на картах різних країн схожі між собою, легко піддаються ідентифікації і схожі за параметрами. Водночас виявлено, що не тільки на традиційних, а й на електронних навігаційних картах автомобільних доріг представлених сервісами Google Maps та OpenStreetMap відсутня інформація про природні ландшафти і їх складові (рельєф, гідрографічні умови, рослинність), а також про погодно-кліматичні умови, які мають безпосередній вплив на точність картографічної візуалізації. Названо основні параметри, які слід враховувати при створенні навігаційних карт і карт автошляхів в Україні.

Висновки. Проведене дослідження дозволяє зробити наступні висновки: - поняття точності карт значно ширше поняття геометричної точності; - природні фактори (рельєф, гідрографія, погодно-кліматичні умови, рослинність) суттєво впливають на показники інформативності карт автомобільних шляхів; - в навігаційних електронних сервісах необхідно подавати шари 3D рельєфу, оперативну інформацію про динамічні гідрологічні умови, небезпечні погодні умови, а також про ділянки доріг з рослинністю, що перекриває видимість дороги; - потрібен науково обґрунтований стандарт (настанови, інструкції), що визначатимуть, які саме природні дані повинні бути присутні на електронних картах доріг і з якою періодичністю мають оновлюватися ці дані.

Ключові слова: автомобільні шляхи, точність карт, картографічна візуалізація, природні фактори, підтоплення, паводки, гідрометеорологічні умови, небезпечні погодні умови, природні ландшафти, рослинність, умовні знаки, легенди карт, Google Maps, OpenStreetMap.

Як цитувати: Пересадько В., Дмитриков О., Єсіпов А. Вплив природних факторів на точність картографічної візуалізації просторово-часових структур автомобільних шляхів України. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2025. Вип. 41. С. 27–34. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2025-41-03>

In cites: Peresadko, V., Dmytrykov, O., Yesipov, A. (2025). Influence of natural factors on the accuracy of cartographic visualization of space-time structures of automobile roads of Ukraine. *The problems of continuous geographical education and cartography*, (41), 27–34. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2025-41-03> (in Ukrainian)

Вступ. Сучасні карти автомобільних шляхів мало чим відрізняються від карт десяти-двадцяти річної давності. Умовні знаки фактично залишилися без змін і здебільшого відображають характеристики напрямку, довжини, ширини, покриття і класифікацію дороги. Традиційно вважається, що оскільки дороги на картах показують лінійними умовними знаками, то довжину дороги можна виміряти і ця величина є масштабним знаком, а ширина дороги передається позамасштабним знаком. Але це не зовсім так і довжина дороги, точніше її горизонтальне прокладення, як показали наші дослідження, не завжди відповідає реальним розмірам [3]. Тому коли мова йде про шляхи сполучення, зокрема автомобільні дороги, особливо гостро виступає питання точності картографічної візуалізації. І мова не тільки про геометричну точність, а й про точність і повноту відображення інформації про умови руху. Класичні картографічні платформи на кшталт Google Maps чи OpenStreetMap наразі не враховують у повній мірі природні фактори, що впливають на дороги. Це означає, що інформація про погодні умови, рельєф, гідрографію, рослинність вздовж шляхів зазвичай відсутня або подається несистематично. Як наслідок, виникає розрив між ситуацією на місцевості та її відображенням на карті.

Метою даної статті є проведення аналізу впливу основних природних факторів, рельєфу місцевості, гідрографічних умов, кліматичних (погодних) явищ та рослинного покриву, на точність картографічної візуалізації автомобільних шляхів України.

Вихідні передумови. Коли ми говоримо про точність картографічної інформації, то маємо на увазі не тільки геометричні параметри – довжину і ширину, але всю повноту інформації: її сучасність, достовірність, повноту. Ми проаналізували умовні знаки доріг різних країн Європи, Сполучених Штатів Америки, Канади і порівняли їх з умовними знаками вітчизняних карт. Ситуація доволі втішна, коли мова йде про графіку, бо розпізнаваність умовних знаків доріг дуже висока, а умовні знаки дуже подібні (табл.1).

Як бачимо, в умовних знаках автодоріг різних країн не передбачено інформацію про природні умови проходження трас. Та й картографувати такі речі на загально географічних картах доволі складно, а в класичній картографії і неможливо. Інша мова, коли йдеться про сучасні програмні продукти, в тому числі навігаційні.

Проблема врахування природних умов у транспортному картографуванні перебуває на стику наук про Землю та інженерно-ІТ дисциплін. З одного боку, фахівці з географії, геоінформатики та геодезії досліджують, як природні особливості території впливають на транспортну мережу та її функціонування. З іншого боку – спеціалісти з картографування та інформаційних технологій розробляють методи відображення цих особливостей у

геоінформаційних системах (ГІС) та навігаційних сервісах. Традиційно основна увага приділялась метричній точності відображення доріг – наприклад, правильному нанесенню траси на карту при топографічному зніманні. Таке традиційне картографування автомобільних шляхів виконувалося методами наземної зйомки та фотограмметрії з метою створення топографічних карт заданого масштабу. Проте сучасні дослідники наголошують, що цього недостатньо для забезпечення потреб керування дорожнім рухом та безпеки. Так Віталій Зацерковний та ін. зазначають, що класичні моделі не дозволяють врахувати комплекс факторів транспортно-експлуатаційного стану дорожньої мережі, які можуть бути проаналізовані лише із застосуванням ГІС-технологій [2]. Іншими словами, для підвищення ефективності та безпечності транспортних систем необхідно інтегрувати в карти різноманітні дані про стан доріг і довкілля. На це свого часу звернув увагу Григорій Денисик, аналізуючи придорожні ландшафти за геоморфологічним підходом, тобто коли при картографуванні береться до уваги рельєф (заплавні, схилі, вододільні, останцево-вододільні дороги) [1].

Аналізуючи фактори, які впливають на неточність/неповноту картографічної інформації про автомобільні шляхи ми згрупували їх у три групи:

1. Організаційно-регуляторні:

- Стандарти (ISO, ДСТУ та ін.);
- Рівень освіти, компетенції, професіоналізм).

2. Природні:

- Рельєф;
- Гідрографія;
- Клімат;
- Рослинність.

3. Технологічні:

- Процеси збору вихідної інформації (геодезичні методи, методи ДЗЗ, GPS-вимірювання, лазерне сканування тощо);

- Процеси передачі інформації (картографічні умовні знаки, математичні основи, генералізація тощо).

В цій статті ми б хотіли зупинитись саме на природних факторах, які впливають на точність карт в широкому розумінні цього слова. Безумовно, **рельєф місцевості** є одним з ключових природних чинників, що впливає на просторові параметри доріг. Ігнорування вертикальної складової може спричиняти помилки у вимірюванні протяжності та оцінці стану шляхів. Наприклад, довжина дороги по схилу перевищує горизонтальну проекцію; при крутих ухилах різниця може сягати суттєвих величин. Зарубіжні дослідження кількісно оцінили цю похибку: зокрема, Prah R. і Shortridge A. встановили, що при середньому ухилі дороги $\sim 30^\circ$ її фактична довжина приблизно на 20% перевищує планову (горизонтальну) довжину [10]. Це підкреслює необхідність враховувати цифрову модель рельєфу (ЦМР)

Таблиця 1/Table 1

Порівняння графічного зображення автодоріг на топографічних картах різних країн
Comparison of the graphic representation of roads on topographic maps of different countries

Країна	Офіційна легенда / масштаб	Вигляд умовного знака	Пояснення до умовного знака	Характеристика дороги
Німеччина	ATKIS-Signaturenkatalog [4]		Федеральна автомагістраль	Не розділена
				Має окремі проїзні частини
			Державна дорога або національна дорога	Не розділена
				Має окремі проїзні частини
			Районна дорога	Не розділена
				Має окремі проїзні частини
США	USGS Topographic Map Symbols (усі масштаби) [11]		Головна автомагістраль	
			Другорядна автомагістраль	
			Автомагістраль або дорога з роздільною смугою	
Франція	IGN Signes conventionnels [7]		Головна автомагістраль	з двома розділеними проїзними частинами
				дві широкі смуги й більше
				дві вузькі смуги
			Другорядна автомагістраль	з двома розділеними проїзними частинами
				дві широкі смуги й більше
				дві вузькі смуги
			Некласифікована	з двома розділеними проїзними частинами
				дві широкі смуги й більше
				дві вузькі смуги
Польща	Instrukcja techniczna K-2 / Каталог знаків (1 : 10 000 – 1 : 50 000) [14]		Автомагістраль	
			Швидкісна дорога з розділеними проїзними частинами (двух'ярусна)	
			Дорога з твердим покриттям шириною понад 7 м	
			Дорога з твердим покриттям шириною від 3 до 7 м	
			Дорога з укріпленим покриттям або дорога з твердим покриттям шириною менше 3 м	
Канада	CanTopo Map Standards 1 : 50 000 (NTS) + пам'ятка Topographic Maps — The Basics [8]		Дорога А: тверде покриття, більше 2 смуг руху	Всесезонна дорога з роздільною смугою або без неї
			Дорога В: тверде покриття, 2 смуги	Всесезонна дорога
			Дорога С: тверде покриття, менше 2 смуг руху	Тверда дорога, всесезонна, основна функція — це забезпечення доступу для видобутку ресурсів
			Дорога D: пухке покриття, 2 смуги руху або більше	Стабілізована поверхня, всесезонна дорога
			Дорога E: пухке покриття, менше 2 смуг руху	Всесезонна дорога
			Дорога F: пухке покриття, суха погода	Підходить для використання лише в суху погоду

Велика Британія	Ordnance Survey 50k Raster Legend / Explorer Legend [9]		Автомобільна дорога (з двостороннім рухом)	
			Основні шляхи	Транзитні маршрути, що доповнюють систему автомобільних доріг
			Головна дорога	
			Другорядна дорога	
			Дорога більше 4 м завширшки	
			Дорога менше 4 м завширшки	
			Інша дорога, під'їзд або проїзд	
Україна	«Умовні знаки для топографічних карт 1 : 10 000» (державний стандарт) [12]		Автомобільна дорога	
			Дорога з удосконаленим покриттям	
			Дорога з покриттям	
			Дорога без покриття (покращена ґрунтова дорога)	

під час картографування автошляхів. Окрім довжини, рельєф впливає на характеристики руху – круті підйоми й спуски обмежують швидкість, збільшують гальмівний шлях, що є критичною інформацією для безпеки. Таким чином, відображення висотного профілю дороги або принаймні корекція розрахунків з урахуванням рельєфу є важливим аспектом точності картографічної візуалізації. Сучасні технології дають змогу вирішити це завдання: лазерне сканування (LiDAR) з високою щільністю точок дозволяє отримувати детальний рельєф з точністю до кількох сантиметрів, що значно підвищує якість моделей дорожньої мережі. В Україні такі технології починають впроваджуватися, хоча поки що переважно для проектування та будівництва доріг, а не для публічних навігаційних сервісів.

Другим природним фактором, який впливає на точність і повноту картографічної інформації є **гідрографічні**. Вони можуть мати сталий характер (річки, водойми вздовж доріг, мости з їх параметрами тощо) і доволі повно представлені в умовних знаках в розділах про гідротехнічні об'єкти, об'єкти водного транспорту та водопостачання. А можуть бути динамічними (паводки, підтоплення) і не мати відображення на картах, особливо на картах навігаційних. Не можна стверджувати, що в світі не існує практики відображення паводків, безумовно є, але такі широко використовувані системи як, наприклад, Google Maps чи OpenStreetMap не мають такої опції, між тим, такі події можуть повністю блокувати рух на окремих ділянках шляхів (затоплення мостів, розмив доріг тощо). Оперативна картографічна візуалізація підтоплених зон є науково-технічним викликом, який почали вирішувати за кордоном. Наприклад, у США реалізовано інтеграцію системи прогнозування повеней FloodMapp з навігаційним

додатком Waze: це дозволяє в реальному часі позначати на карті затоплені вулиці та автоматично попереджати водіїв про небезпеку. Така система поєднує дані про опади, рівень води у річках та припливи, моделює зону затоплення, накладає її на дорожню мережу в GIS і транслює на карту навігатора. У результаті користувачі отримують спливаючі попередження і можуть вчасно об'їхати небезпечну ділянку. За даними Національної метеорологічної служби США, повені є серед лідерів причин смертності на дорогах, причому 58% летальних випадків, пов'язаних із паводками в 2011–2020 роках, сталися у транспортних засобах. Це підкреслює важливість врахування гідрологічних факторів у навігаційних картах для підвищення безпеки руху. В Україні питання оперативного відображення підтоплень стоїть особливо гостро під час весняних повеней та раптових злив, однак поки що такі дані на дорожніх картах практично не представлені.

Третім природним фактором, що має просторово-часовий характер і впливає на повноту і точність карт автомобільних доріг є **кліматичні та метеорологічні умови**. Йдеться, насамперед про небезпечні і стихійні явища: інтенсивні опади (дощ, сніг), ожеледь, туман, сильний вітер, екстремальні температури тощо. Ці фактори безпосередньо не змінюють геометрію дороги, але суттєво впливають на умови руху (коефіцієнт зчеплення, видимість, безпеку). Наявні навігаційні сервіси майже не враховують погоду при прокладанні маршрутів: дослідники відзначають, що відсутність інтеграції актуальних погодних даних є помітним недоліком сучасних цифрових навігаторів. У наукових роботах останніх років запропоновано підходи до подолання цього недоліку. Зокрема, Ye X. та ін. розробили прототип навігаційної системи, що підключається

до метеорологічних API (наприклад, OpenWeather) і динамічно відображає на маршруті інформацію про поточні погодні умови: температуру, опади, вітер, атмосферний тиск [13]. Система оцінює ризики для кожної ділянки дороги залежно від погоди (скажімо, ожеледь чи злива) і пропонує оптимальні маршрути з урахуванням цих факторів. Деякі країни запроваджують комплексні дорожні метеосистеми (Road Weather Information Systems, RWIS), які збирають дані з дорожніх метеостанцій і сенсорів покриття, та інтегрують їх у ГІС для підтримки рішень щодо закриття трас, введення обмежень швидкості тощо [5]. В Україні подібні системи поки що знаходяться на початкових етапах впровадження, але очевидно, що їх розвиток і підключення до публічних карт значно покращили б актуальність картографічної інформації.

Ще одним природним фактором, який впливає на якість і точність картографічної візуалізації є **рослинний покрив вздовж доріг** (придорожня рослинність) – фактор, який часто недооцінюють у контексті картографічної точності, але він впливає як на безпеку руху, так і на можливість дистанційного зондування шляхів. Зелені насадження виконують низку позитивних функцій: захищають дороги від ерозії ґрунтів, зменшують заметільні переноси снігу, знижують засліплення фарами зустрічних авто, створюють шумові бар'єри тощо. Водночас, занедбана або надлишкова рослинність може стати причиною аварійної небезпеки. Кущі та трав'янисті зарості на перехрестях і виїздах можуть закривати огляд водіям (рис.1, а, б), а дерева біля узбіч підвищують ризик важких наслідків при з'їзді авто з дороги.

За дослідженнями польських учених, серед ДТП, спричинених зовнішніми (недорожніми) умовами, найбільшу частку складають зіткнення з деревами на узбіччі. Придорожні зарості також можуть приховувати дорожні знаки, перехожих або тран-

спорт, що наближається, як про це свідчать практичні випадки [6].

В умовах війни в Україні проблема загострилася: на багатьох дорогах через воєнний стан і брак ресурсів служби шляхового догляду не здійснюють регулярне скошування трави та кронування дерев. Як наслідок, утворилися ділянки з метровими бур'янами, що повністю блокують огляд при виїзді з другорядних доріг, що вже призводило до ДТП.

Ці обставини наразі майже не відображаються на картах – жоден навігатор не попередить водія про те, що за поворотом йому може заважати стіна з рослинності. У науковій літературі питання врахування рослинності в геоінформаційних системах піднімається переважно в контексті дистанційного зондування (наприклад, корекція супутникових знімків доріг від затінення кронами дерев) та екологічного моніторингу. Разом з тим, є й роботи, що прямо пов'язують цей фактор із безпекою дорожнього руху. У статті Коцур-Бера та Дудзінської наголошується на тому, що грамотне управління придорожніми насадженнями (дотримання стандартів щодо відстані дерев від краю дороги, висоти трави тощо) дозволяє зберегти позитивний ефект від рослинності та мінімізувати ризики для водіїв [6]. Це означає, що інформація про придорожню рослинність теж може розглядатися як складова актуальності картографічних даних про дорогу.

Врахування природних факторів у картографічній візуалізації доріг – це не лише питання інженерної точності, а й питання безпеки та комфорту людей. Дороги – динамічна система, що взаємодіє з навколишнім ландшафтом, і карта повинна цю взаємодію відображати. Україна, з її різноманітними природними умовами та сучасними викликами (воєнними і кліматичними), має всі підстави стати одним з лідерів у впровадженні інноваційних картографічних рішень. Це сприятиме і зниженню ава-



а



б

Рис. 1. Вплив рослинності на безпеку руху на автодорогах:
зарослі кущів (а) і некронуваних дерев (б) на поворотах доріг (авторське фото) /
Fig. 1 The impact of vegetation on road safety:
overgrowth of bushes (a) and bare trees (b) on road bends (author's photo)

рійності, і підвищенню ефективності перевезень, а головне – збереже життя та здоров'я учасників руху, надаючи їм повну та актуальну картину дорожньої обстановки в будь-який момент часу.

Висновки. Природні фактори відіграють значну роль у формуванні просторово-часових структур автомобільних шляхів та умов руху на них. Проведене дослідження дозволяє зробити наступні висновки:

– *Традиційне розуміння точності карт* (як метричної точності) є вузьким для сучасних потреб навігації. Точність картографічної візуалізації доріг повинна трактуватися розширено і включати відповідність актуальному стану місцевості, повноті відображених характеристик та своєчасності оновлення даних. Природні фактори (рельєф, гідрографія, погодно-кліматичні умови, рослинність) суттєво впливають на показники інформативності карт автомобільних шляхів.

– *Рельєф* впливає на довжину та параметри доріг, особливо в гористій місцевості. Неврахування рельєфу веде до несистематичної індивідуальної похибки (до десятків відсотків) у вимірюванні відстаней. Для підвищення точності необхідно інтегрувати цифрові моделі рельєфу в навігаційні системи та застосовувати високотехнологічні методи зйомки (наприклад, LiDAR) для актуалізації висотних даних.

– *Гідрографічні явища* (насамперед паводки, підтоплення) здатні кардинально змінювати прохідність доріг у короткі проміжки часу. Нинішні карти практично їх не відображають, що створює ризики для користувачів. Зарубіжний досвід (США,

Австралія та ін.) демонструє ефективність *оперативного картографування повеней* – автоматичного оновлення карт на основі прогнозів і сенсорних даних. Українським фаховим інституціям варто розвивати аналогічні рішення, зокрема через співпрацю між ДСНС та розробниками карт.

– *Погодно-кліматичні умови* є критичним часовим фактором, що впливає на безпеку руху. Відсутність в навігаторах інформації про погодні умови, насамперед несприятливі, визнана суттєвим недоліком. Інтеграція в карти реальних даних про опади, ожеледь, туман тощо підвищує їх цінність для водіїв і може запобігти багатьом аварійним ситуаціям. Це підтверджується як науковими дослідженнями, так і практикою дорожніх служб за кордоном.

– *Рослинний покрив* та супутні фактори (видимість, перешкоди) наразі майже не враховані в цифрових картах, хоча мають безпосередній вплив на оглядовість панорами, відповідно і на ризик зіткнення. Необхідно розробити методики обліку цього фактора – від додавання відповідних атрибутів у бази даних до використання краудсорсингових повідомлень про зарості чи повалені дерева.

– *Відсутність регламентації* інтеграції природних факторів у картографічні системи гальмує їх впровадження. Потрібен науково обґрунтований стандарт (настанови, інструкції), що визначатимуть, які саме природні дані повинні бути присутні в електронних картах доріг і з якою періодичністю оновлюватися. Встановлення таких вимог на рівні ДСТУ та відомих інструкцій забезпечить системність підходу і сумісність даних різних служб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Денисик Г. І., Вальчук-Оркуша О. М. Класифікація і оптимізація дорожніх ландшафтів. *International Scientific and Practical Conference "WORLD SCIENCE"*. 2017. Вип. 8 (24). Т. 2. С. 7–11. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/442959.pdf> (дата звернення: 16.01.2025).
2. Зацерковний В. І., Тишаєв І. В., Кобрін О. В. Побудова моделі транспортно-дорожньої мережі Чернігівської області за допомогою геоінформаційних технологій. *Наукоємні технології*. 2016. Вип. 2(30). С. 162–168. URL: <https://jrn1.nau.edu.ua> (дата звернення: 16.01.2025).
3. Пересадько В., Дмитриков О., Джос А. Аналіз точності картографічної інформації (на прикладі відображення автомобільних шляхів України і США). *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2024. Вип. 40, С. 32–44. URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/25866/23232> (дата звернення: 16.01.2025).
4. AAA-Signaturen-katalog 2.0 : [Electronic resource]. Karlsruhe : Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. URL: <https://www.adv-online.de/GeoInfoDok/Signaturen-kataloge/AAA-Signaturen-katalog-2.0/> (Last accessed: 16.01.2025).
5. FloodMapp. RISE Update: FloodMapp launches integration with Waze helping reroute drivers in Virginia, USA. [Electronic resource]. 2022. URL: <https://floodmapp.com> (Last accessed: 16.01.2025).
6. Kocur-Bera K., Dudzińska M. Roadside vegetation – the impact on safety. *Engineering for Rural Development : Proceedings of the 14th International Scientific Conference* (Jelgava, Latvia, 2015). Jelgava : Latvia University of Life Sciences and Technologies. 2015. P. 594–600. URL: <https://iitf.lbtu.lv> (Last accessed: 16.01.2025).
7. Légende des cartes IGN au 1 : 25 000 : [Electronic resource]. Paris: Institut national de l'information géographique et forestière. URL: <https://cheminscreux.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/02/lc3a9gende-des-cartes-ign-au-1-25000c3a8me.pdf> (Last accessed: 16.01.2025).
8. M103-3-2-2014 / Natural Resources Canada. Ottawa: NRCan, 2014. URL: https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/rncan-nrcan/M103-3-2-2014-eng.pdf (Last accessed: 16.01.2025).
9. Ordnance Survey. 50 k raster legend: [Electronic resource]. Southampton: Ordnance Survey. URL: <https://www.ordnancesurvey.co.uk/documents/product-support/support/50k-raster-legend.pdf> (Last accessed: 16.01.2025).
10. Prah K., Shortridge A. M. Vertical vs. Horizontal Fractal Dimensions of Roads in Relation to Relief Characteristics. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2023. Vol. 12, No 12. Article 487. <https://doi.org/10.3390/ijgi12120487> (Last accessed: 16.01.2025).

11. Topographic Map Symbols / U.S. Geological Survey. Reston: USGS. URL: <https://pubs.usgs.gov/gip/TopographicMapSymbols/topomapsymbols.pdf> (Last accessed: 16.01.2025).
12. Umovni znaky 1 : 10 000 (CT 496-528) / Головний інститут геодезії і картографії. Київ: ГІК. URL: https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/Um_znaki_10000_St496_528.pdf (дата звернення: 16.01.2025).
13. Ye X., Li S., Das S., Du J. Enhancing route selection with real-time weather data integration in spatial decision support systems. *Spatial Information Research*. 2024. Vol. 32. P. 373–381. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-023-00577-7> (Last accessed: 16.01.2025).
14. Zasady redakcji map w skali 1 : 50 000. Warszawa: Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 1998. URL: https://opendata.geoportal.gov.pl/PrzepisyHistoryczne/Wytyczne/K2.2_Zasady_redakcji_map_w_skali_50000_1998.pdf (Last accessed: 16.01.2025).

Стаття надійшла до редакції 17.01.2025

Стаття рекомендована до друку 27.02.2025

Peresadko Vilina - Doctor of Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical Geography and Cartography. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine e-mail: vilinaperesadko@karazin.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2439-2788>

Dmytrykov Oleg - PhD (Earth's Sciences) Student. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine; e-mail: oleg.dmytrykov@student.karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9717-2033>

Yesipov Andrey - PhD (Earth's Sciences) Student. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine; e-mail: andreyesipov82@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-0922-6856>

INFLUENCE OF NATURAL FACTORS ON THE ACCURACY OF CARTOGRAPHIC VISUALIZATION OF SPACE-TIME STRUCTURES OF AUTOMOBILE ROADS OF UKRAINE

The purpose of the article is to analyze the influence of the main natural factors, topography, hydrographic conditions, climatic (weather) phenomena and vegetation on the accuracy of cartographic visualization of highways in Ukraine.

Main material. The concept of accuracy of cartographic visualization is considered in a wide range of factors - not only as geometric accuracy of visualization, but also as completeness, timeliness/efficiency and reliability of information. The article presents a comparative analysis of the content and conventional designations of highways in regulatory documents of Europe, the USA, Canada and Ukraine. It was found that the means of representation on maps of different countries are similar to each other, easily identifiable and similar in parameters. At the same time, it was found that not only traditional, but also electronic navigation maps of highways presented by Google Maps and OpenStreetMap services lack information about natural landscapes and their components (relief, hydrographic conditions, vegetation), as well as about weather and climatic conditions that have a direct impact on the accuracy of cartographic visualization. The main parameters that should be taken into account when creating navigation maps and highway maps in Ukraine are mentioned.

Conclusions. Natural factors play a significant role in shaping the spatiotemporal structures of highways and traffic conditions on them. The study allows us to draw the following conclusions: 1. The traditional understanding of map accuracy (as metric accuracy) is narrow for modern navigation needs; 2. Natural factors (relief, hydrography, weather and climatic conditions, vegetation) significantly affect the information content of road maps; 3. To increase the accuracy of maps, it is necessary to integrate digital terrain models into navigation systems and apply high-tech survey methods (for example, LiDAR) to update elevation data; 4. Ukrainian professional institutions should, through cooperation between the State Emergency Service and map developers, develop solutions for reflecting the threat of floods and roadway flooding; 5. Integrating real-world data on hazardous weather conditions and phenomena into maps will increase their value for drivers and can prevent many accidents, as confirmed by both scientific research and the practice of road services abroad; 6. The display of vegetation cover, as one of the hazardous natural factors, is not taken into account on digital maps, and therefore it is necessary to develop methods for its accounting - from adding relevant attributes to databases to using crowdsourced reports about thickets or fallen trees; 7. The lack of regulation of the integration of natural factors into cartographic systems hinders their implementation. A scientifically based standard (guidelines, instructions) is needed that will determine what natural data should be present in electronic road maps and with what frequency they should be updated. Establishing such requirements at the level of State Standards and departmental instructions will ensure a systematic approach and compatibility of data from different services.

Keywords: *highways, map accuracy, cartographic visualization, natural factors, flooding, floods, hydrometeorological conditions, hazardous weather conditions, natural landscapes, vegetation, symbols, map legends, Google Maps, OpenStreetMap.*

REFERENCES:

1. Denysyk, G. I., Valchuk-Orkusha, O. M. (2017). Classification and optimization of road landscapes. *International Scientific and Practical Conference "WORLD SCIENCE"*, 8 (24), Vol. 2, 7–11. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/442959.pdf> [in Ukrainian].
2. Zatserkovnyi, V., Tishaiev, I., & Kobrin, O. (2016). Pobudova modeli transportno-dorozhnoi merezhi Chernihivskoi oblasti za dopomohou heoinformatsiynikh tekhnolohii. *Naukoiemni tekhnolohii*, 2(30), 162-168. URL: jrnل.nau.edu.ua [in Ukrainian].

3. Peresadko, V., Dmytrykov, O., Dzhos, A. (2024). Analysis of the accuracy of mapping information (using the example of motorway mapping in Ukraine and the USA). The problems of continuous geographical education and cartography, (40), 32–44. URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/25866/23232> [in Ukrainian].
4. AAA-Signaturen katalog 2.0 : [Electronic resource]. Karlsruhe : Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. URL: <https://www.adv-online.de/GeoInfoDok/Signaturen kataloge/AAA-Signaturen katalog-2.0/> [in German].
5. FloodMapp. RISE Update: FloodMapp launches integration with Waze helping reroute drivers in Virginia, USA. 2022. <https://floodmapp.com> [in English].
6. Kocur-Bera, K., Dudzińska, M. (2015). Roadside vegetation – the impact on safety. *Engineering for Rural Development : Proceedings of the 14th International Scientific Conference* (Jelgava, Latvia, 2015). Jelgava : Latvia University of Life Sciences and Technologies. 594–600. URL: <https://iitf.lbtu.lv> [in English].
7. Légende des cartes IGN au 1 : 25 000 : [Electronic resource]. Paris: Institut national de l'information géographique et forestière. URL: <https://cheminscreux.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/02/lc3a9gende-des-cartes-ign-au-1-25000c3a8me.pdf> [in French].
8. M103-3-2-2014 / Natural Resources Canada. Ottawa: NRCan, 2014. URL: https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/rncan-nrcan/M103-3-2-2014-eng.pdf [in English].
9. Ordnance Survey. 50 k raster legend: [Electronic resource]. Southampton: Ordnance Survey. URL: <https://www.ordnancesurvey.co.uk/documents/product-support/support/50k-raster-legend.pdf> [in English].
10. Prah K., Shortridge A. M. (2023). Vertical vs. Horizontal Fractal Dimensions of Roads in Relation to Relief Characteristics. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 12 (12). Article 487. <https://doi.org/10.3390/ijgi12120487> [in English].
11. Topographic Map Symbols / U.S. Geological Survey. Reston: USGS. URL: <https://pubs.usgs.gov/gip/TopographicMapSymbols/topomapsymbols.pdf> [in English].
12. Umovni znaky 1 : 10 000 (CT 496-528) / Main Institute of Geodesy and Cartography. Kyiv: MIGC. URL: https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesy kart_norms/Um_znaki_10000_St496_528.pdf [in Ukrainian].
13. Ye X., Li S., Das S., Du J. (2024). Enhancing route selection with real-time weather data integration in spatial decision support systems. *Spatial Information Research*. (32). 373–381. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-023-00577-7> [in English].
14. Zasady redakcji map w skali 1 : 50 000. Warszawa: Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 1998. URL: https://opendata.geoportal.gov.pl/PrzepisyHistoryczne/Wytyczne/K2.2_Zasady_redakcji_map_w_skali_50000_1998.pdf [in Polish].

The article was received by the editors 17.01.2025

The article is recommended for printing 27.02.2025