

Картографічне моделювання місцевості із позицій формально-топологічного підходу

Олег В. Сизенко 

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Науки, 72, Дніпро, 49045, Україна

Анотація

Мета. У статті досліджується проблема картографічного моделювання місцевості як неперервного морфо-топологічного континууму. Центральною проблемою дослідження виступає онтологія меж – концептуалізація алгоритмічного переходу від континуального поля до дискретних хорологічних одиниць.

Методи. Спираючись на типологію меж Б. Беннетта, автор обґрунтовує необхідність встановлення параметричних порогів для делімітації об'єктів, які не мають фізичних розривів. Відкидаючи традиційний субстанційний підхід, запропоновано розглядати місцевість не як звичайний контейнер для об'єктів, а як функцію просторової композиції та взаємодії топографічної і наземної поверхонь із позицій формально-топологічного підходу.

Результати. Для вирішення проблеми розроблено дві базові моделі місцевості. Перша – суб'єктно-орієнтована (візуально-реляційна), у якій дискретизаторами простору є видозбори. Метрично скінченні ділянки генеруються на основі візуальної перцепції спостерігача, утворюючи краєвиди, для яких місцевість постає матеріальним субстратом.

Друга, об'єктно-орієнтована модель, шукає межі через внутрішні властивості самого континууму, оскільки обидві поверхні (топографічна і наземна) мають об'єктивну властивість рельєфності. В межах цієї моделі обґрунтовано застосування структурно-дедуктивної методології глобальної класифікації форм рельєфу.

Висновки. Доведено необхідність переходу від жорсткої ієрархічної до гетархічної топологічної моделі, де належність ділянки до певного класу визначається не стільки субстанційними властивостями, скільки її просторовим контекстом. Запропонований підхід трансформує генералізацію з механічного злиття дрібних полігонів у об'єктивний алгоритмічний процес вирішення топологічних конфліктів.

Ключові слова

онтологія меж, морфoфoрми, наземна поверхня, алгоритмічна делімітація, хорологічні одиниці, топологічна вага.

Надійшла до редакції: 20 квітня 2026 / Прийнята: 10 травня 2026 / Опублікована онлайн: 26 травня 2026

Cartographic modeling of the spatial structural organization of landscapes of the Dnipropetrovsk region

Oleh V. Syzenko

Oles Honchar Dnipro National University, 72 Nauky Ave., Dnipro, 49045, Ukraine

Abstract

Purpose. This article investigates the problem of cartographic modeling of terrain as a continuous morpho-topological continuum. The central issue of the research is the ontology of boundaries – specifically, the conceptualization of the algorithmic transition from a continuous field to discrete chorological units.

Methods. Drawing on B. Bennett's typology of boundaries, the author substantiates the necessity of establishing parametric thresholds to delimit objects that lack physical discontinuities. Rejecting the traditional substantive approach, the study proposes viewing the terrain not as a mere container for objects, but as a function of the spatial composition and interaction of topographic and land surfaces from the perspective of a formal-topological approach.

Results. To address this problem, two foundational terrain models are developed. The first is a subject-oriented (visual-relational) model, wherein viewsheds act as spatial discretizers. Metrically finite areas are generated based on the observer's visual perception, forming visual landscapes for which the terrain serves as a material substrate.

The second, an object-oriented model, seeks boundaries through the intrinsic properties of the continuum itself, given that both surfaces (topographic and land) possess the objective property of relief. Within the framework of this model, the application of a structural-deductive methodology for the global classification of landforms is justified.

Conclusions. The study demonstrates the necessity of transitioning from a rigid hierarchical to a heterarchical topological model, where the allocation of an area to a specific class is determined less by its substantive properties than by its spatial context. The proposed approach transforms cartographic generalization from the mechanical merging of small polygons into an objective algorithmic process for resolving topological conflicts. ontology of boundaries, landforms, land surface, algorithmic delineation, chorological units, topological weight.

Keywords

ontology of boundaries, landforms, land surface, algorithmic delineation, chorological units, topological weight.

Received: April 20, 2026 / Accepted: May 10, 2026 / Published online: May 26, 2026

Corresponding author:

Oleh V. Syzenko, Oles Honchar Dnipro National University, 72 Nauky Ave., Dnipro, 49045, Ukraine
Email: syzenko@if.dnu.edu.ua

1. Вступ

Поняття “місцевість” за століття розвитку академічної географії накопичило стільки семантичних шарів, що його використання вимагає обов’язкового уточнення методологічних засад та створює перешкоди для використання цього терміну у комунікації між різними науковими дисциплінами та суспільством. Аналіз джерел виявляє фундаментальну неузгодженість у трактуванні місцевості. Якщо у побутовій мові це “яке-небудь місце, простір, край”, то у спеціалізованих визначеннях значення розходяться: у топографії та орієнтуванні місцевість позначає “частину земної поверхні з усіма її природними та штучними об’єктами”; у ландшафтознавстві – займає проміжне положення в ієрархії таксонів (урочище – місцевість – ландшафт), що передбачає їх дискретність та розмежованість; у військовій справі – “елемент обстановки, у якій ведуться бойові дії”. Ця семантична плутанина простежується й у інших слов’янських мовах: так польське *miejsowość* позначає будь-яке населене місце, що відрізняється від інших загальноприйнятою власною назвою (Runge & Runge, 2008), тобто адміністративно-демографічну, а не фізико-географічну одиницю.

Проблема концептуалізації геопросторових одиниць та подолання їхньої семантичної невизначеності перебуває у фокусі уваги як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників, формуючи міждисциплінарний дискурс на перетині теоретичної географії, геоінформатики та формальної онтології. Фундаментальною проблемою залишається онтологічний статус так званих “розмитих” географічних понять, які широко використовуються у побутовій мові, але не мають чітких дефініцій. Б. Беннетт (Bennett, 2008) обґрунтовує необхідність “заземлення” таких термінів через використання семантики точок зору та доводить, що об’єкти без чітко визначених меж потребують параметризації через набір порогових значень. Це є критично важливим завданням, оскільки географічні концепти є динамічними, і навіть незначні зміни в їхніх онтологічних визначеннях чи просторових межах здатні викликати каскадні наслідки у системах геопросторового моделювання (Shi et al., 2026).

Особливу складність становить розмежування понять “місцевість” та “територія”, оскільки у побуті вони часто вживаються як синоніми. Ця концептуальна плутанина має глибші наслідки. У західній традиції поняття *locality* (локалітет) акцентує увагу на феноменології місця та не дає чітких математичних критеріїв для делімітації об’єктів на карті (Gabellieri, 2025). Паралельно вживається інший термін – *terrain* (Fairbridge, 1968), що походить від лат. *terra* – “земля”, є спільнокореневим з українським побутовим “*терени*” і у вітчизняній академічній географії та нормативних документах розуміється у значенні (1) самої земної поверхні (найчастіше перекладається як “рельєф”), або (2) ділянки поверхні з характерними особливостями (перекладається як “місцевість”, наприклад *DTM* – цифрова модель місцевості).

Така семантична розмитість та невизначеність перешкоджають побудові узгодженої поняттєвої системи

навіть у рамках академічної географії, оскільки поняття “місцевість” не має чітко визначеного статусу: чи це об’єкт, чи властивість, чи відношення? До того ж, відсутність чітко визначеної ієрархії суміжних понять по відношенню до місцевості призводить до того, що вчені оперують різними онтологічними рамками в межах одного дослідження і результати стають непридатними для порівняння та верифікації. **Метою** даного дослідження є концептуалізація поняття “місцевість” як континуального поля з позицій формально-топологічного підходу та розробка методологічних засад алгоритмічного переходу від неперервних поверхонь до дискретних картографічних моделей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести критичний аналіз існуючих підходів до розуміння понять “місцевість”, “територія” у вітчизняній та світовій академічній традиції та обґрунтувати формально-топологічну ієрархію понять геопростір – видозбір – краєвид – місцевість як базису для картографічного моделювання;

- оцінити можливості застосування представленої методології для вирішення прикладних завдань загальногеографічного і тематичного картографування;

- продемонструвати практичну цінність запропонованого підходу для уніфікації наукової, нормативно-правової та практичної (військова топографія, орієнтування) термінології з максимальним збереженням зв’язку з побутовою мовою та інтуїтивним розумінням семантики уведених у науковий вжиток понять.

Об’єктом дослідження є процес картографічного моделювання місцевості як неперервного морфологічного континууму. Предметом – формально-топологічні параметри делімітації меж та ієрархічної структуризації геопросторових одиниць. Методологічним підґрунтям дослідження слугує синтез онтологічного реалізму та формально-топологічного підходу. На противагу поширеним у гуманітарній географії постмодерністським і феноменологічним концепціям, які редукують просторові одиниці до соціальних конструктів, у цій роботі відстоюється позиція матеріальної та структурної об’єктивності досліджуваних сутностей. Для розв’язання проблеми семантичної невизначеності застосовано метод дедуктивного сходження від абстрактного до конкретного, що дозволило вибудувати строго ієрархію геопросторових концептів.

2. Матеріали і методи

Перехід від традиційних методів картографування до сучасного геоінформаційного аналізу вимагає чіткої формалізації семантики географічних об’єктів. Як зазначають М. Кокла та Е. Гільбер (Kokla & Guilbert, 2020), онтологічні підходи є критично важливими для вирішення проблеми семантичної неоднорідності та розмитості географічних понять. Використання верхньорівневих онтологій дозволяє визначити фундаментальні категорії, такі як регіон, межа та географічний об’єкт, що створює необхідний теоретичний

каркас для моделювання місцевості як об'єктивної структури. Для концептуалізації місцевості з позицій формально-топологічного підходу це означає необхідність визначення фундаментальних категорій простору та часу, які слугують каркасом для подальшої специфікації відносин між місцевістю, територією та геопростором.

Важливим кроком у цьому напрямі є концептуальна тріада “земля – терен (місцевість) – територія” (Elden, 2010), що дозволяє чітко розмежувати різні аспекти відношень між матеріальними об'єктами та методами їхнього опису. Зокрема, С. Елден визначає “землю” (*land*) переважно через категорії власності та обмеження, натомість місцевість (*terrain*) розглядається як суто фізична структура, матеріальне середовище континуальної природи. Територія постає як наслідок дискретизації місцевості для потреб управління, стратегічного планування чи наукового моделювання.

Процес картографічного моделювання неминуче вимагає делімітації – накладання меж на континуальну місцевість для формування дискретних територіальних одиниць. Оскільки сама місцевість, на відміну від її елементарних одиниць, не містить лінійних розривів, онтологічний статус цих меж стає центральною проблемою. Б. Беннетт (Bennett, 2008) виділяє чотири концептуальні типи меж: *істинні* (*bona fide*), що відповідають фізичним розривам у матеріальному світі (напр., берегова лінія); *декретні*, що завдячують своїм існуванням людським рішенням та повністю позбавлені фізичного підґрунтя; *неявні геометричні* – визначені просторовою конфігурацією інших меж (напр., межа між материком і півостровом); та *розмиті* – межі об'єктів, чий просторовий екстент нечітко виокремлюється із безперервного континууму. Проведення останніх вимагає встановлення набору параметричних порогів – кількісних чи якісних характеристик, зміна яких призводить до зсуву меж.

Синтез наведених вище онтологічних концепцій та підходів до типізації меж сформував той методологічний базис, на основі якого нами було розроблено формально-топологічну модель місцевості, що створює концептуальне підґрунтя для алгоритмічного переходу від неперервного континууму поверхонь до системи дискретних хорологічних одиниць.

3. Результати

Відкидаючи субстанційний підхід до простору, ми постулюємо місцевість не як контейнер для об'єктів, а як континуальне поле, що породжується взаємодією поверхонь (рис. 1). З позицій формальної топології, місцевість M можна змоделювати як функцію взаємодії топографічної T та наземної S поверхонь через оператор просторової композиції Φ , з додатковим оператором просторового обмеження Ω (наприклад, межі досліджуваної території) (1.1):

$$M = \Phi(T, S) \Omega \quad (1.1)$$

З позиції спостерігача дискретизаторами цього континууму виступають *видозбори* (Круглов, 2020) – дискретні вибірки геопростору з фіксованої геопозиції, що мають релятивні, проте чіткі межі. Вони є операторами, що “вирізають” метрично скінченні ділянки з місцевості на основі візуальної перцепції спостерігача, визначеної локальною конфігурацією геодезичної, топографічної та наземної поверхонь. Місцевість тут постає як матеріальний субстрат формування *красвидів* – просторових композицій видимої наземної поверхні (Сизенко, 2025), а суб'єктно-орієнтований виключно візуальний підхід дозволяє формалізувати модель через метрики



Рис. 1. Вертикальна структура місцевості як композиту поверхонь.
Fig. 1. Vertical structure of the terrain as a composite of surfaces.

топографічної відкритості та композиційного різноманіття. Однак, такі моделі є реляційними: зі зміною осередку огляду змінюється видозбір – математичне поле видимості, і краєвид – його композиційна структура; місцевість залишається стаціонарною, вона не “йде за спостерігачем”.

Оператор просторового обмеження місцевості Ω (1.1) у запропонованій суб’єктно-орієнтованій моделі об’єктивізується самою конфігурацією поверхонь по відношенню до спостерігача: ми бачимо чітко відмежовану обрієм частину континуальної місцевості – краєвид. Оскільки геопозицій нескінченна кількість, ми спочатку редукуємо їх до топографічної поверхні, вірніше фіксованої висоти рецепіента над нею, а далі – до регулярної чи випадкової вибірки залежно від потреб дослідження.

Класичне об’єктно-орієнтоване моделювання безперервних поверхонь – топографічної, геологічних чи ґрунтових пластів – теж спирається на регулярну чи випадкову вибірку: висотні репери, опорні точки знімання, розвідувальні геологічні свердловини, педологічні шурфи тощо. Набагато складнішим є виділення меж структурних одиниць через виявлення внутрішніх властивостей самого континууму. У випадку місцевості обидві поверхні – топографічна і наземна – мають властивість рельєфності, що може бути виражена як кількісно – через амплітуди висот та градієнти їх зміни, так і якісно – з виділенням топологічно цілісних морфоформ та/або типів наземного покриття.

Історія методик ідентифікації морфоформ топографічної поверхні засобами ГІС демонструє еволюцію від ранніх застосувань порогових операторів до сучасних топологічних моделей. На відміну від заснованих на індексі топографічної позиції методик, що жорстко залежать від розміру пошукового вікна і тому вимагають добору параматрів для кожного масштабного рівня, *геоморфони* (Jasiewicz & Stepinski, 2013) ґрунтуються на адаптивному аналізі локальних тернарних патернів за принципом лінії видимості, що дозволяє алгоритму самонастроюватися на оптимальний масштаб у кожній точці поверхні без зміни параметрів. Проте, хоч алгоритм може адаптувати радіус пошуку, він залишається сфокусованим на локальних патернах і часто генерує надто строкату картину.

Подібний акцент на онтологічній цілісності морфоформ спостерігається у методиці глобальної класифікації форм рельєфу, *GRC* (Yang et al., 2025), яку у даному дослідженні візьмемо як оптимальний інструмент для делімітації морфоформ. Вона хоч і не є абсолютно масштабно-незалежною, але знімає обмеження, пов’язані з розміром ковзного вікна. Методологічна відмінність полягає у переході від локально-індуктивного аналізу, де форма синтезується з властивостей окремих пікселів, до структурно-дедуктивної моделі, де межі конкретних виділів виводяться із самої онтології поверхні. *GRC* побудована на дворівневій ієрархічній системі: (1) розділу на плоску та пересічену поверхню, (2) топологічне узгодження із тальвеговим TIN-каркасом. Варто зазначити, що при

виділенні топологічних ядер морфоформ необхідно зважати на масштабні ефекти, оскільки кількісні параметри рельєфу та просторова диференціація земної поверхні суттєво залежать від обраного масштабу аналізу (Nan et al., 2024).

Імплементация цієї методики дозволяє нам увести додаткове розділення розмитих меж на *градієнтні* та *буферні*. Буферні межі визначаємо як такі, у яких можливе виділення перехідної зони, тоді як у градієнтних – ні. У *GRC* спочатку виділяються *ядра* – території, що мають має найбільш типові та беззаперечні характеристики морфоформи. Далі розраховується накопичений похил від ядра до прилеглих територій, що дозволяє приєднати *транзитні зони*, які можуть мати більший похил, але топологічно дотичні до ядра. Межа делімітується шляхом встановлення конкретного кількісного порогу накопиченого похилу, де “енергія ядра” вичерпується.

На відміну від представленої раніше суб’єктно-орієнтованої моделі (рис. 2), де рельєф наземної поверхні визначає межі візуальної перцепції, у об’єктно-орієнтованому моделюванні місцевості він втрачає свою роль як оклюзійного бар’єра, проте набуває статусу показника морфологічної складності і шорсткості. Місцевість має об’єктивну тривимірну структуру, тому відкинувши рельєф наземної поверхні модель буде ігнорувати реальний фізичний об’єм – фітомасу лісу або об’єм міської забудови. Тому використання морфометричних класифікацій до наземної поверхні є не лише можливим, а й цілком обґрунтованим, оскільки вона володіє тими ж топологічними властивостями, що й топографічна.

Зокрема, імплементация методу Івахаші-Пайка (Iwahashi & Pike, 2007) при застосуванні до наземної поверхні набуває нових сенсів: *похил* ідентифікує різкі межі об’єктів (стіни будівель, краї лісових масивів), *опуклість* – верхівки та впадини у структурі покриття, *текстура* – визначає відмінність між гладкою поверхнею (вода, асфальт) та розчленованою (розріджений ліс чи забудова). Це дозволяє диференціювати місцевість не лише за типом покриття, а й за його структурною шорсткістю, що дає змогу виділити морфотипи наземної поверхні. Подальша інтеграція цих морфотипів із даними про типи наземного покриття відкриває шлях до алгоритмізації процесу делімітації розмитих та неявних меж, дозволяючи об’єктивно і математично строго редукувати безперервний континуум поверхонь до дискретних хорологічних одиниць. У перспективі така структурна ідентифікація об’єктів може бути інтегрована з сучасними підходами глибокого навчання, зокрема ансамблевими нейромережами, які забезпечують високоточну та інтерпретовану автоматизовану класифікацію типів місцевості за їхніми характеристиками (Aziz et al., 2025).

Однак слід розуміти, що подібна дискретизація має виражену масштабозалежність, оскільки на різних масштабних рівнях будуть виділятися відмінні патерни об’єктів. При збільшенні ступеня генералізації дрібні хорологічні одиниці неминуче втрачають свої

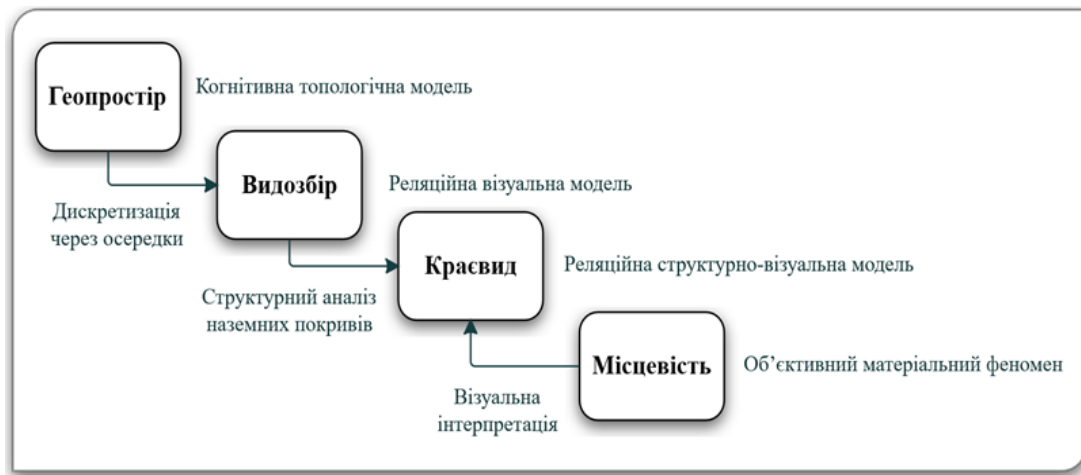


Рис. 2. Моделювання місцевості у суб'єктно-орієнтованому формально-топологічному підході.
Fig. 2. Terrain modeling in a subject-oriented formal topological approach.

індивідуальні контури, зливаючись і розчиняючись у межах об'єктів іншого типу. Трансформація онтологічного статусу типів наземного покриття при зміні масштабу вимагає переходу від суворої ієрархічної до гетархічної топологічної моделі. У класичній ієрархії межі макроодиниць детермінуються межами складових мікроодиниць. Натомість гетархічна структура наземного покриття характеризується топологічною нестабільністю реляційних відношень. Наприклад, просторовий кластер будівель на локальному рівні становить набір ізольованих об'єктів з чіткими істинними *bona fide* межами. Однак при агрегуванні цих даних до рівня населений пункт, окремі будівлі, міські сквери, подвір'я інкапсулюються макроструктурою. Межа такого утворення перетворюється з істинної на розмиту. Відповідно, належність конкретної ділянки місцевості до певного класу визначається не її субстанційними властивостями (наявність води, рослинності чи асфальту), а просторовим контекстом – топологічною замкнутістю всередині гетархічної мережі об'єктів з вищою домінантністю.

Така гетархічна конкуренція типів покривів концептуально повністю узгоджується з логікою делімітації морфотипів у алгоритмі GRC: як “енергія ядра” морфотипів поширюється на транзитні зони до вичерпання кількісного порогу, так і в моделі покривів об'єкт асимілює дрібніші виділи доти, доки його топологічна вага дозволяє домінувати у просторовому контексті. Цей процес описується алгоритмічним принципом для обох поверхонь, де межі формуються за єдиним законом вичерпання впливу від центру до периферії.

У пропонованому об'єктно-орієнтованому підході (рис. 3) ключовим механізмом просторової взаємодії виступає топологічна вага – онтологічна стійкість кожного виділеного контуру. Зміна масштабного рівня діє як фільтр, що тестує цю топологічну вагу. При посиленні генералізації виділи з низькою топологічною вагою втрачають свою самостійність і поглинаються “важчими” сусідніми об'єктами. Такий підхід дозволяє алгоритмізувати процес картографічної генералізації не

як механічне злиття дрібних полігонів, а як об'єктивний процес вирішення топологічних конфліктів на основі внутрішньої неоднорідності самої місцевості.

Процес картографічного моделювання в рамках запропонованого об'єктно-орієнтованого підходу реалізується у кілька послідовних етапів. На першому етапі здійснюється делімітація онтологічно жорстких (субстанційних) меж типу *bona fide*, що розділяють принципово відмінні фізичні середовища. Ці межі характеризуються найвищим ступенем топологічної стійкості, зберігаючи свою інваріантність та просторову локалізацію навіть за умов суттєвої масштабної генералізації.

Наступним кроком є ідентифікація неявних геометричних та розмитих меж, що диференціюють морфотипи топографічної поверхні, яка виступає базисом для наземного покриття. У випадках просторового суміжництва відмінних морфологічних класів, лінія розмежування вираховується математично через встановлення параметричних порогів накопиченого похилу відповідної морфотипу.

Генералізація окремих фізичних об'єктів до типів наземного покриття закономірно генерує топологічні конфлікти. У ієрархічних моделях дрібні об'єкти просто видаляються, проте у нашій моделі вони починають “боротися” за виживання на карті, де топологічна вага – це їхній “рейтинг виживання”. Субстанційні межі (наприклад, контури інфраструктурних об'єктів, автошляхів чи водойм) апіорі мають вищу базову вагу, ніж розмиті або екотонні межі перехідних природних зон (наприклад, контакти між лісом, рідколіссям та лукою). Репрезентативним прикладом є ситуація, коли вузький лінійний об'єкт із жорсткими межами – автошлях – перетинає суміжні ділянки рослинності з розмитими межами – густий ліс та чагарник. За умови збільшення ступеня генералізації, неявні межі між рослинними угрупованнями розчиняються, алгоритмічно агрегуючи їх у єдиний монолітний об'єкт – лісовий масив. Водночас інфраструктурний об'єкт, незважаючи на мінімальну площу, завдяки

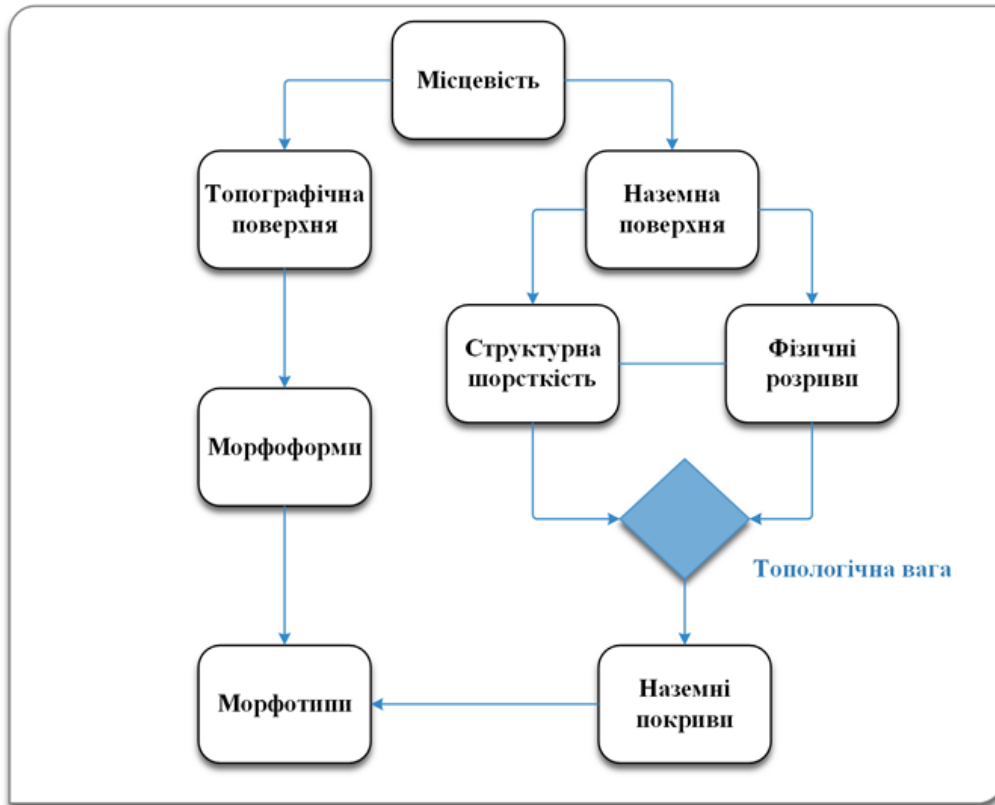


Рис. 3. Моделювання місцевості у об'єктно-орієнтованому формально-топологічному підході.
Fig. 3. Terrain modeling in an object-oriented formal topological approach.

своїй високій онтологічній стійкості (вазі) зберігає структурну автономність і не поглинається фоновим покривом. Саме така вибіркова агрегація та збереження просторових сутностей на основі їхньої внутрішньої топологічної ваги, а не геометричних розмірів, дозволяє звести гетархічну структуру наземного покриття до картографічної моделі. Останні дослідження свідчать, що об'єктивний алгоритмічний процес картографічної генералізації та вирішення топологічних конфліктів може бути суттєво оптимізований завдяки поєднанню глибокого навчання з формалізованими правилами просторового картографічного знання (Fu et al., 2024).

4. Обговорення

Запропоновані нами суб'єктно-орієнтована та об'єктно-орієнтована моделі місцевості, незважаючи на відмінності, утворюють єдину методологічну рамку. Їхня фундаментальна спорідненість полягає у тому, що обидва підходи є суто формально-топологічними та візуально-морфологічними. Вони оперують геометрією цифрової моделі поверхні та типами наземного покриття, фіксуючи онтологічну сутність місцевості “тут і зараз” – її зовнішній вигляд, фізичні бар'єри та просторову структуру.

Обидві моделі свідомо абстрагуються від геолого-геоморфологічної генези геоекосистем, при цьому специфіка кожної з моделей чітко розмежує сфери

їхнього практичного застосування: *суб'єктно-орієнтована* модель базується на позиційності спостерігача та оцінці простору з конкретної точки (або множини точок). Її головним критерієм є видимість та візуальна перспектива. Ця модель є найбільш релевантною для таких напрямків як *військова топографія* та *навігація* (аналіз зон видимості, пошук укриттів, планування маршрутів у складних умовах); *рекреаційна географія та туризм* (проектування оглядових майданчиків, туристичних стежок); *оцінка екосистемних послуг*, зокрема, культурних послуг, пов'язаних з естетичною цінністю та візуальним різноманіттям краєвидів.

Об'єктно-орієнтована модель аналізує просторову конфігурацію та встановлює межі площинних виділів. Вона дозволяє кількісно оцінити складність та структуру середовища незалежно від точки спостереження. Цей підхід ідеально підходить для: ландшафтної екології, просторового планування та землевпорядкування. У випадках, коли для дослідника принципово важливою є саме генеза місцевості, об'єктно-орієнтована модель створює надійний первинний топологічний каркас. Згенерована мережа просторових виділів становить об'єктивну базу, яку згодом можна додатково диференціювати на дрібніші ділянки або навпаки – агрегувати, накладаючи на неї генетичні характеристики з геологічних чи ґрунтових карт. Адаптивність моделі досягається також завдяки тому, що введена нами топологічна вага виділів наземного покриття є

повністю регульованим параметром. Замість того, щоб використовувати статичні значення, дослідник може калібрувати вагові коефіцієнти залежно від специфіки та мети конкретного дослідження, що перетворює модель із простої статичної фіксації патернів поверхні на гнучкий аналітичний інструмент, здатний вирішувати широкий спектр міждисциплінарних завдань. Хоча встановлення базових вагових коефіцієнтів здійснюється дослідником (що вносить елемент суб'єктивності на етапі налаштування моделі), сам алгоритмічний процес вирішення топологічних конфліктів для кожної ділянки та проведення конкретних меж залишається строго об'єктивним та відтворюваним.

Запропонована нами об'єктно-орієнтована модель дозволяє проводити межі не експертно-інтуїтивно, а алгоритмічно, на суворій математичній (формально-топологічній) основі. З точки зору класичної фізичної географії, отримані дискретні виділи місцевості найближче відповідають терміну "урочище". Проте, ключовою тезою пропонованого підходу є онтологічна неможливість переходу від цих базових одиниць до вищих таксономічних рангів (зокрема, об'єктивного виділення "місцевості" як дискретного об'єкта). З огляду на це, ми стверджуємо, що будь-яке районування чи проведення меж між "місцевостями" не фіксує іманентних меж самої природи, а є продуктом цілепокладання дослідника що, відповідно до концепції Б. Беннетта, є яскравим проявом семантики точки зору. Такі районування відображають не фізичну даність, а когнітивну модель, що залежить від обраних алгоритмів та перспективи спостерігача.

Представлена концепція органічно влітається у світовий дискурс формальної географічної онтології, проте пропонує нове алгоритмічне вирішення відомих теоретичних проблем. Якщо існуючі холічні підходи обґрунтовують континуальність географічних об'єктів та штучність більшості меж, наш підхід дозволяє параметризувати цю штучність, що створює необхідний математичний міст між теоретичною онтологією безперервного простору та картографічним моделюванням. На відміну від Т. Бітнера (Bittner, 2011), який фокусується переважно на аксіоматизації якісних просторових відношень (наприклад, топологічного перекриття чи дотику) засобами формальної логіки, запропонований нами інструментарій дозволяє вирішувати ці відношення кількісно. Ми не просто констатуємо факт наявності розмитих меж чи перекриттів, а визначаємо результат їхньої взаємодії на основі математичного аналізу поверхонь.

5. Висновки

У дослідженні доведено фундаментальну семантичну та онтологічну відмінність понять, що використовуються у хорології. Визначено, що "місцевість" не є дискретним об'єктом чи контейнером, а являє собою функцію просторової взаємодії топографічної та наземної поверхонь, що утворює континуальне поле без об'єктивних розривів. Показано,

що традиційне картографічне моделювання вимагає неминучого переходу від континуальності місцевості до дискретності територіальних одиниць, що породжує онтологічні конфлікти меж. Їх вирішення потребує застосування формально-топологічного підходу, який дозволяє чітко розмежовувати істинні фізичні, декретні та розмиті межі шляхом встановлення параметричних порогів. Розроблено та обґрунтовано використання показника "топологічної ваги" об'єктів для вирішення просторових конфліктів у процесі генералізації. На відміну від традиційних ієрархічних моделей, де дрібні об'єкти просто видаляються, топологічна вага дозволяє зберегти найбільш значущі структурні та субстанційні межі середовища, створюючи об'єктивний алгоритм їх "виживання" на карті.

Практична цінність запропонованої методології (включаючи об'єктно-орієнтовані та гетархічні моделі покривів) полягає у її здатності забезпечувати кількісну оцінку складності простору незалежно від точки спостереження. Це відкриває широкі перспективи для імплементації підходу в сучасних ГІС для потреб просторового планування, епідеміологічної географії та інших прикладних сфер, де об'єктивність морфологічної структури є важливішою за суб'єктивність генетичних класифікацій. Представлена формально-топологічна модель формує теоретичний базис, практична імплементація запропонованих алгоритмів делімітації меж стане предметом наших наступних досліджень.

ORCID iD

Oleh V. Syzenko <https://orcid.org/0000-0002-9158-1693>

Список посилань

- Круглов, І. (2020). *Трансдисциплінарна геоекоекологія: Монографія*. Львівський національний університет імені Івана Франка.
- Сизенко, О. В. (2025). Картографічне моделювання просторової структурної організації ландшафтів Дніпропетровської області. *Фізична географія та геоморфологія*, 48(2), 40–49. <https://doi.org/10.17721/phgg.2025.48.2/130.04>
- Aziz, S. A., Alam, T., Rahman, S., Rahman, M. A., Haque, B. M. T., & Liew, T. H. (2025). Ter-Net: A Dual-Branch Ensemble Network for Accurate and Interpretable Terrain Type Classification. In *2025 8th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)* (pp. 216–221). IEEE. <https://doi.org/10.1109/conmedia67140.2025.11290222>
- Bittner, T. (2011). Vagueness and the trade-off between the classification and delineation of geographic regions – an ontological analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(5), 825–850. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.503191>
- Chu, H., & Hassink, R. (2023). Advancing spatial ontology in evolutionary economic geography. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsad020>
- Fairbridge, R. W. (1968). Terrain, terrane. In R. W. Fairbridge (Ed.), *The encyclopedia of geomorphology* (pp. 1143–1146). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-31060-6_376
- Fu, C., Zhou, Z., Xin, Y., & Weibel, R. (2024). Reasoning cartographic knowledge in deep learning-based map generalization with explainable AI. *International*

- Journal of Geographical Information Science*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/13658816.2024.2369535>
- Gabellieri, N. (2025). Localities. In *The Encyclopedia of Human Geography* (pp. 760–763). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92524-5_27
- Iwahashi, J., & Pike, R. J. (2007). Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*, 86(3–4), 409–440. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.012>
- Jasiewicz, J., & Stepinski, T. F. (2013). Geomorphons – a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>
- Kokla, M., & Guilbert, E. (2020). A Review of Geospatial Semantic Information Modeling and Elicitation Approaches. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 146. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030146>
- Nan, X., Li, A., He, Z., & Bian, J. (2024). A Type of Scale-Oriented Terrain Pattern Derived from Normalized Topographic Relief Layers and Its Interpretation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(6), 209. <https://doi.org/10.3390/ijgi13060209>
- Runge, A., & Runge, J. (2008). *Słownik pojęć z geografii społeczno-ekonomicznej*. Videograf Edukacja. (p. 200)
- Shi, M., Janowicz, K., Liu, Z., Karimi, M., Majic, I., & Fortacz, A. (2026b). The geography of evolving concepts: quantifying spatial, temporal, and semantic consequences of ontology changes. *International Journal of Digital Earth*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2605865>
- Yang, X., Li, S., Ma, J., Chen, Y., Zhou, X., Li, F., Xiong, L., Zhou, C., Tang, G., & Meadows, M. E. (2025). A typology of global relief classes derived from digital elevation models at 1 arcsec resolution. *Earth System Science Data*, 17(9), 4331–4350. <https://doi.org/10.5194/essd-17-4331-2025>
- Fairbridge, R. W. (1968). Terrain, terrane. In R. W. Fairbridge (Ed.), *The encyclopedia of geomorphology* (pp. 1143–1146). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-31060-6_376
- Fu, C., Zhou, Z., Xin, Y., & Weibel, R. (2024). Reasoning cartographic knowledge in deep learning-based map generalization with explainable AI. *International Journal of Geographical Information Science*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/13658816.2024.2369535>
- Gabellieri, N. (2025). Localities. In *The Encyclopedia of Human Geography* (pp. 760–763). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92524-5_27
- Iwahashi, J., & Pike, R. J. (2007). Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*, 86(3–4), 409–440. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.012>
- Jasiewicz, J., & Stepinski, T. F. (2013). Geomorphons – a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>
- Kokla, M., & Guilbert, E. (2020). A Review of Geospatial Semantic Information Modeling and Elicitation Approaches. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 146. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030146>
- Kruhlov, I. (2020). *Transdyscyplinarna heoekoloohiia: Monohrafiia* [Transdisciplinary geoecology: Monograph]. Ivan Franko National University of Lviv. [In Ukrainian].
- Nan, X., Li, A., He, Z., & Bian, J. (2024). A Type of Scale-Oriented Terrain Pattern Derived from Normalized Topographic Relief Layers and Its Interpretation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(6), 209. <https://doi.org/10.3390/ijgi13060209>
- Runge, A., & Runge, J. (2008). *Słownik pojęć z geografii społeczno-ekonomicznej*. Videograf Edukacja. (p. 200)
- Shi, M., Janowicz, K., Liu, Z., Karimi, M., Majic, I., & Fortacz, A. (2026b). The geography of evolving concepts: quantifying spatial, temporal, and semantic consequences of ontology changes. *International Journal of Digital Earth*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2605865>
- Syzenko, O. V. (2025). Kartohrafichne modeliuвання prostorovoi strukturoi orhanizatsii kraievdydiv Dnipropetrovskoi oblasti [Cartographic modeling of the spatial structural organization of landscapes of the Dnipropetrovsk region]. *Physical Fizychna heohrafiya ta heomorfolohiya*, 48(2), 40–49. <https://doi.org/10.17721/phgg.2025.48.2/130.04> [In Ukrainian].
- Yang, X., Li, S., Ma, J., Chen, Y., Zhou, X., Li, F., Xiong, L., Zhou, C., Tang, G., & Meadows, M. E. (2025). A typology of global relief classes derived from digital elevation models at 1 arcsec resolution. *Earth System Science Data*, 17(9), 4331–4350. <https://doi.org/10.5194/essd-17-4331-2025>

References

- Aziz, S. A., Alam, T., Rahman, S., Rahman, M. A., Haque, B. M. T., & Liew, T. H. (2025). Ter-Net: A Dual-Branch Ensemble Network for Accurate and Interpretable Terrain Type Classification. In *2025 8th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)* (pp. 216–221). IEEE. <https://doi.org/10.1109/conmedia67140.2025.11290222>
- Bittner, T. (2011). Vagueness and the trade-off between the classification and delineation of geographic regions – an ontological analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(5), 825–850. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.503191>
- Chu, H., & Hassink, R. (2023). Advancing spatial ontology in evolutionary economic geography. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsad020>