

## Аналіз морфометричних характеристик міської забудови засобами геоінформаційного моделювання

Оксана Травкіна, аспірантка, ас.<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-3607-4653),

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, м.Київ, Україна

### АНОТАЦІЯ

Запропоновано методику морфометричного аналізу міської забудови на основі геоінформаційного моделювання. Підхід поєднує 2D-індикатори (частка забудованої поверхні, інтенсивність використання території, компактність форм, орієнтації фронтальних сторін), 3D-метрики будівель (об'ємно-поверхневі характеристики, пропорційність) і мережеві показники вуличної структури (інтеграція, зв'язаність) у ГІС-мережі. Дані для дослідження отримані з кадастрових та муніципальних реєстрів, векторизованих контурів OpenStreetMap, продуктів дистанційного зондування та міських 3D-моделей. Обчислення здійснені на регулярній сітці розміром 100–250 м, після чого результати систематизовані до рівня кварталів і районів. Проведено валідацію стабільності індикаторів у різні часові інтервали та різними зонами міста, а також продемонстровано можливості використання отриманих картограм для діагностики надмірного ущільнення забудови, виявлення дефіциту відкритих просторів та визначення пріоритетів для малих урбаністичних форм. Запропонована методику поєднує алгоритми обчислення міських морфометричних параметрів у середовищі ГІС із сучасним каталогом 3D-метрик та комбінованими підходами до кількісної морфології міста.

*Ключові слова:* міська морфологія; геоінформаційне моделювання; щільність та інтенсивність; 3D-метрики будівель; картографування індикаторів..

### 1. ВСТУП

Керування міським розвитком у мікрорайонній забудові й у сучасних приміських кластерах неможливе без порівнювання числових показників, які відображають геометрію, сукупну складеність і просторову організацію будівельного середовища. У світовій практиці для цього застосовують систему індикаторів, що включає площинні параметри, планувальні характеристики (компактність і конфігурації контурів), а також показники, чутливі до тривимірної форми (відношення об'єму до площі, сегментованість). Щоб пов'язати «форму» з поведінкою середовища та вимогами щодо мобільності, морфометрію поєднують із мережевим аналізом вулиць і з індексами щільності функцій у ГІС-середовищі. В українських містах уже створені необхідні передумови для впровадження такого підходу, а також розроблено прототипи геобаз морфометричних показників та веб-версії «цифрових міст», які функціонують на основі регулярного оновлення даних дистанційного зондування й тривимірних міських моделей.

### 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для проведення коректного аналізу морфометричних характеристик необхідно використовувати великі різноманітні масиви даних, такі як векторні контури будівель (кадастр/OSM) з атрибутами поверховості або висоти, межі кварталів і районів, шари функціонального зонування, матеріали ДЗЗ (ортознімки 0,3–0,5 м; за наявності — ЛіДАР або фотограмметричні DSM/DTM), міські 3D-моделі. Геометрії слід піддавати топологічному виправленню (усувати самоперетини, перевіряти на 8-зв'язність, замикати контури), атрибути — уніфікувати (зводити до єдиних словникових типів, одиниць виміру, часових міток). Для забезпечення компарабельності між районами використовувати регулярну сітку 100×100 та

250×250 м, а також обчислити усі індикатори на сітці з подальшою агрегацією до кварталів/адміністративних меж.

Наступним кроком слід перейти до 2D-морфометрії. Для кожної комірки/кварталу обчислити частку забудованої поверхні, інтенсивність використання території (як відношення сумарної площі поверхів у межах осередку до площі землі), показники форми й компактності плану будівель та кварталів, орієнтацію фронтальних сторін забудови (розподіл азимутів головних фасадів/ осей), щільність (частка відкритих просторів) і фрагментованість (ступінь розчленування забудованої поверхні). Методична основа 2D-аналізу ґрунтується на узагальнених підходах до оцінювання морфології в ГІС, в яких приведено приклади вимірювання морфометричних параметрів та їх стандартизації [1].

Розглядаючи об'ємно-просторову складову морфометричних характеристик для кожного контуру з відомою висотою або 3D-геометрією розраховано об'єм, площу зовнішньої поверхні, відношення об'єму до площу зовнішньої поверхні (оболонки), показник відношення висоти будівлі до її основи, індикатор складності покрівлі, а також локальні статистики висот (медіана, міжквартильний простір) з подальшим розподілом на сітку/квартали. Обрані метрики відповідають стандартному каталогу для великих наборів 3D-будівель і дозволяють кількісно відрізнити типові об'ємно-просторові форми, що дає змогу проводити узгоджену класифікацію, коли різні набори даних порівнюють за однаковими критеріями. [2].

У рамках простору мережевого аналізу розраховано показники інтеграції/зв'язаності вуличної мережі, індекси щільності та індекс змішаного використання. Їх об'єднання з морфометрією для діагностики багатьох критеріїв міських секторів й побудови типологій, чутливих до вуличної активності та змішаних функцій, для районної систематизації та внесення пропозицій щодо управлінських коригувальних заходів.

Застосовано перехресні перевірки, такі як: порівняння інтенсивності з офіційними статистиками житлового

фонду/населення, тестування на стабільність індикаторів у різних межах сітки (100 чи 250 м), візуальна експертиза «гарячих зон» по ортофото, а також аналіз узгодженості між сусідніми осередками (щоб виявляти артефакти лінійних меж і дублювати контурів).

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Картограми інтенсивності та частки забудованої поверхні показують послідовність у загальній картині міської структури. В історичному центрі спостерігаються високі значення обох індикаторів і компактні конфігурації кварталів, причому теплові карти формують безперервні зони підвищеної інтенсивності вздовж магістральних вулиць.

У мікрорайонних масивах інтенсивність помірна адже частка забудови відповідає приблизно половині від загального значення, відкриті ж простори присутні у великій кількості, але розподілені нерівномірно, що формує локальні дворові зони з низькою активністю, що подовжує піші маршрути між точками інтересу і, через погіршену доступність, знижує показники ефективного використання території.

У садибних зонах низька інтенсивність і мала частка забудови свідчать про наявність просторів, придатних для делікатного ущільнення, обережного додавання точок інтересу без втрати приватності.

Два квартали з подібними 2D-характеристиками можуть мати різну об'ємно-просторову структуру. Один створює стійкий міський тепловий острів через високий коефіцієнт відношення об'єму до оболонки, інший краще спроможний переміщення повітряних мас завдяки нижчій поверховості та більш простим формам, менш щільному заповненню огинаючого об'єму (оболонки). Включення 3D-метрик підвищує роздільну здатність класифікацій і знижує кількість «двійників» у типологіях, роблячи їх більш однозначними й придатними для планувальних рішень.

Поєднання морфометрії з мережевими індикаторами дозволяє виявляти ділянки, де простір функціонує не за планом. Якщо інтенсивність висока за низьких показників доступності, вулиці виявляються розірваними, активні фасади не інтегровані і потрібні заходи для покращення зв'язаності. У районах з достатньо розвиненою мережею, але недостатнім навантаженням доцільне точкове ущільнення з контролем мікроклімату і доступності. [3].

### 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Запропонована методика не зводиться до однієї цифри щільності, а поєднує морфометричні індикатори з мережевими та функціональними шарами. Поетапно підхід дозволяє спочатку швидко локалізувати надлишкові ущільнення, де компактні форми й висока інтенсивність поєднуються з низькою зв'язаністю, а далі виявляти недозбудовані території в межах наявної інфраструктури, і як підсумок коригувати проєктні пропозиції на стадії передпроєктних рішень, коли ціна помилки мінімальна. Впровадження 3D-каталогу метрик знижує невизначеність аналізу та підвищує доказовість рішень у питаннях кліматичної адаптації й енергоефективності будівель. З практичної точки зору ключовими є прозорі бази трансформацій даних, стабільні одиниці компіляції та регулярна переоцінка індикаторів на нових знімках, що

забезпечить порівнюваність результатів у часі та між містами. [4].

### 5. ВИСНОВКИ

Проведене дослідження підтверджує, що геоінформаційне моделювання морфометрії міської забудови, побудоване на регулярній сітці та базується на 3D-метриках й мережеских показниках, що утворює стійку систему кількісних показників для міського планування. Комбінування картограм інтенсивності, частки забудованої поверхні, компактності та навантаженості з каталогом 3D-характеристик будівель дозволяє без надмірних спрощень визначити структурні відмінності між районами та знаходити просторові дисбаланси, а також перевіряти життєздатність проєктних сценаріїв до їх реалізації. Додаткове залучення мережеских та функціональних індикаторів пояснює, чому формально схожі за щільністю квартали працюють по-різному з погляду міського життя, та підсвічує напрямки спрямування коригуючих дій від підвищення зв'язаності вулиць до дозованого ущільнення чи розривання суцільної лінії забудови для підвищення доступності простору. Практична цінність підходу підтверджується як міжнародними протоколами обчислення міських параметрів у ГІС і відкритими 3D-метриками, так і українськими напрацюваннями веб-форматів цифрового міста. За умов прозорих процедур валідації даних і регулярного оновлення морфометричних шарів ця методика здатна полегшувати прийняття рішень щодо зонування, регламентації висотності, розміщення громадських просторів і пріоритетизації інвестицій, зменшуючи ризики помилок та підвищуючи якість міського середовища.

### Список літератури

- [1] Esposito A., Grulois M., Pappaccogli G., et al. On the Calculation of Urban Morphological Parameters Using GIS: An Application to Italian Cities. *Atmosphere*. 2023;14(2):329. DOI: 10.3390/atmos14020329.
- [2] Labetski A., Vitalis S., Biljecki F., Arroyo Ogori K., Stoter J. 3D building metrics for urban morphology. *International Journal of Geographical Information Science*. 2022. DOI: 10.1080/13658816.2022.2103818.
- [3] Ye Y., van Nes A. Quantitative tools in urban morphology: Combining space syntax, Spacematrix and mixed-use index in a GIS framework. *Journal of Urban Morphology*. 2014. URL: <https://journal.urbanform.org> (дата звернення: 16.09.2025).
- [4] Серьогін Д. С. Геоінформаційне моделювання та аналіз регіональних сегментів глобального урбанізованого простору (на прикладах різнорангових міст): дис. ... канд. наук. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна; 2024. URL: [https://karazin.ua/storage/static-content/source/documents/aspirantura/zakhysty/Serohin/Serohin\\_diss\\_merged\\_compressed.pdf](https://karazin.ua/storage/static-content/source/documents/aspirantura/zakhysty/Serohin/Serohin_diss_merged_compressed.pdf). 2018. Vol.2, No 2. P. 8–26. DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-2-2018-0002>.