

Скречко Володимир Володимирович,
аспірант кафедри землеустрою, Львівський
національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С. З. Гжицького

Skrechko Volodymyr, Postgraduate Student, Department of
Land Management, S. Z. Hzhyskyi Lviv National University of
Veterinary Medicine and Biotechnologies
<https://orcid.org/0009-0002-3219-2214>

СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗЕМЛЕУСТРОЮ У ПЛАНУВАННІ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД SCENARIO MODELING AS A LAND MANAGEMENT TOOL IN PLANNING THE DEVELOPMENT OF TERRITORIAL COMMUNITIES

Скречко В.В., Сценарне моделювання як інструмент
землеустрою у плануванні розвитку територіальних
громад. *Український журнал прикладної економіки та
техніки*. 2026. Том 11. № 1. С. 417 – 420.

Skrechko V. Scenario modeling as a land management tool
in planning the development of territorial communities.
Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology.
2026. Volume 11. № 1, pp. 417 – 420.

У статті обґрунтовано застосування сценарного моделювання як інструменту землеустрою у плануванні розвитку територіальних громад. Визначено сутність сценарного підходу та його роль у забезпеченні адаптивності управлінських рішень в умовах невизначеності. Доведено, що використання сценарного моделювання дозволяє враховувати вплив ключових факторів, зокрема структури землекористування, рівня урбанізації, екологічного стану та фінансової спроможності громад, на формування альтернативних варіантів їх розвитку. Розглянуто можливості інтеграції сценарного моделювання з геоінформаційними технологіями та просторовим аналізом. Обґрунтовано доцільність його застосування у процесі розроблення комплексних планів просторового розвитку територій громад. Встановлено, що впровадження сценарного підходу сприяє підвищенню ефективності використання земельних ресурсів та забезпеченню збалансованого просторового розвитку територій.

Ключові слова: сценарне моделювання, землеустрі, територіальні громади, просторове планування, землекористування, геоінформаційні системи, комплексні плани просторового розвитку.

The article substantiates the application of scenario modeling as an effective tool of land management in planning the development of territorial communities. The purpose of the study is to develop and justify methodological approaches to scenario-based modeling for supporting spatial planning decisions under conditions of uncertainty. The research is based on a complex of general scientific and special methods, including system analysis, comparative analysis, statistical methods, and scenario modeling, as well as elements of geospatial analysis. The results demonstrate that scenario modeling enables the formation of alternative trajectories of territorial development, depending on key factors such as land-use structure, level of urbanization, environmental conditions, and the financial capacity of communities. It is proven that integrating scenario modeling with geoinformation systems enhances the analytical capabilities of land management and enables the assessment of the consequences of different spatial development options. The study highlights the importance of applying the scenario approach in developing comprehensive spatial development plans for territorial communities. The scientific novelty lies in the development of an integrated approach to applying scenario modeling in land management, combining spatial, environmental, and economic parameters of territorial development. The practical significance of the research lies in the potential of the proposed approach for decision-making at the local level, particularly to improve land-use efficiency and ensure sustainable territorial development. Prospects for further research include improving scenario modeling methods by integrating them with advanced geoinformation technologies, economic-mathematical models, and big data analysis, as well as adapting them to different types of territorial communities.

Keywords: scenario modeling, land management, territorial communities, spatial planning, land use, GIS, comprehensive spatial development plans, sustainable development, land resource management.

Вступ

Сучасний етап розвитку територіальних громад в Україні характеризується високою динамічністю та невизначеністю соціально-економічних процесів, що зумовлено як внутрішніми трансформаціями, пов'язаними з децентралізацією, так і зовнішніми викликами, зокрема наслідками воєнних дій. У цих умовах особливого значення набуває підвищення ефективності стратегічного та просторового планування, яке має враховувати багатоваріантність розвитку територій і пов'язані з цим ризики. Одним із перспективних інструментів, що забезпечує адаптивність управлінських рішень, є сценарне моделювання.

Сценарне моделювання розглядається як метод прогнозування, що передбачає формування альтернативних варіантів розвитку системи залежно від змін ключових факторів, зокрема структури землекористування, рівня урбанізації, екологічного стану та фінансової спроможності громад, і є важливою методологічною базою стратегічного вибору розвитку територіальної громади. Його застосування дозволяє перейти від лінійного до багатоваріантного планування, що є особливо актуальним в умовах нестабільності. У системі землеустрою сценарне моделювання виступає інструментом обґрунтування рішень щодо використання та охорони земельних ресурсів, забезпечуючи оцінку наслідків трансформації земельного фонду та впливу антропогенних чинників. Це сприяє формуванню збалансованих рішень, орієнтованих на сталий розвиток територій.

На думку професора Третяка А. М. [1], територіально-просторове планування доцільно розглядати як інтегрований механізм управління земельними ресурсами, що поєднує регуляторну та розвиткову функції. Як інструмент регулювання воно визначає допустимі види використання територій, встановлює просторові обмеження та формує екологічно обґрунтовані пріоритети землекористування.

Сучасні наукові дослідження свідчать про формування інтегрованого підходу до використання еколого-економічних та соціальних інструментів землеустрою в процесі планування розвитку територіальних громад. Зокрема, у працях українських учених [2–4] підкреслюється необхідність поєднання просторового аналізу, економічних стимулів і соціальної участі населення для забезпечення сталого землекористування. Особлива увага приділяється впровадженню цифрових технологій, зокрема геоінформаційних систем і дистанційного зондування, які підвищують обґрунтованість управлінських рішень та ефективність моніторингу земельних ресурсів [5]. Застосування інноваційних інструментів землеустрою також сприяє відновленню деградованих земель, зменшенню екологічних ризиків і забезпеченню соціально-економічних вигод для територіальних громад [6].

У міжнародній науковій практиці сценарний підхід широко використовується для аналізу змін землекористування, прогнозування просторового розвитку та підтримки управлінських рішень.

Одними з базових у теоретичному обґрунтуванні сценарного підходу є дослідження Wei-Ning Xiang та Keith C. Clarke [7], які



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC-BY 4.0

© Скречко Володимир Володимирович, 2026

розглядають сценарії як інструмент, що поєднує процес моделювання з плануванням. Науковці підкреслюють, що сценарії виконують подвійну функцію: з одного боку, вони є засобом аналізу можливих майбутніх станів території, а з іншого – розширюють когнітивні можливості планувальників, сприяючи прийняттю більш обґрунтованих рішень.

Подальший розвиток сценарного моделювання пов'язаний із впровадженням імітаційних та просторово-орієнтованих моделей. Зокрема, у дослідженні Brian Gregor [8] запропоновано мікросимуляційну модель Land Use Scenario Developer, яка дозволяє моделювати поведінку домогосподарств і підприємств у просторі та оцінювати вплив різних сценаріїв на структуру землекористування. Це свідчить про перехід від концептуальних сценаріїв до кількісно обґрунтованих моделей.

Значний внесок у розвиток методології зроблено у дослідженнях, орієнтованих на інтеграцію сценарного підходу з геоінформаційними системами та моделями змін землекористування. Зокрема, застосування моделей CLUE-S, Markov та InVEST [9] доводить ефективність сценарного моделювання для прогнозування змін земного покриву та оцінки екосистемних послуг. Такі підходи дозволяють формувати альтернативні сценарії (інерційний, екологічний, інтенсивного розвитку) та оцінювати їх наслідки для територій.

У дослідженнях Gao Y [10] запропоновано агент-орієнтований підхід до сценарного аналізу, який враховує взаємодію різних суб'єктів планування (влада, населення, бізнес). Це дає змогу моделювати не лише просторові зміни, але й управлінські процеси, що визначають формування структури землекористування.

Окремий напрям досліджень [11] пов'язаний з інтеграцією сценарного моделювання зі стратегічним плануванням. Зокрема, доведено, що включення стратегічних цілей у сценарії дозволяє оцінити реальний вплив планувальних рішень на трансформацію землекористування, хоча на практиці часто спостерігається розрив між задекларованими цілями та фактичними тенденціями розвитку. Сучасні дослідження [12; 13] також акцентують увагу на використанні багатосценарних підходів, які враховують економічні, екологічні та соціальні фактори. Поєднання геоінформаційних систем і сценарного моделювання забезпечує комплексну оцінку територій та формування збалансованих управлінських рішень.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення інструментарію землеустрою в умовах зростаючої невизначеності соціально-економічного розвитку та посилення вимог до обґрунтованості управлінських рішень у сфері використання земельних ресурсів.

Формулювання цілей статті

Метою статті є формування науково-методичного підходу до використання сценарного моделювання в системі землеустрою, що дозволяє оцінювати варіанти просторового розвитку територіальних громад, виявляти потенційні ризики та обґрунтовувати управлінські рішення щодо раціонального використання земельних ресурсів.

Виклад основного матеріалу дослідження

У межах дослідження запропоновано методичний підхід до сценарного моделювання розвитку територіальних громад, що базується на використанні інтегрального показника стану землекористування та просторового розвитку. Зазначений показник формується на основі системи індикаторів, які згруповані за чотирма основними блоками: землекористування, урбанізаційного розвитку, екологічного стану та бюджетно-економічної спроможності. Такий підхід забезпечує комплексність оцінювання та дозволяє врахувати взаємозв'язки між різними аспектами функціонування території.

Розрахунок інтегрального показника здійснюється на основі бальної оцінки окремих індикаторів із використанням вагових коефіцієнтів, визначених за ієрархічним принципом. Застосування п'ятибальної шкали дозволяє уніфікувати показники різної природи та забезпечити їх порівнянність. Отримане значення інтегрального показника дає змогу оцінити загальний рівень розвитку територіальної громади та визначити напрями його зміни в межах різних сценаріїв.

Сценарне моделювання методом Монте-Карло дозволяє дослідити альтернативні варіанти трансформації землекористування, оцінити їх вплив на інтегральні показники розвитку територій громад, а також визначити найбільш збалансовані управлінські рішення з позицій економічної ефективності, екологічної безпеки та соціальної доцільності.

Практична апробація запропонованого підходу здійснена на прикладі міських територіальних громад Львівської області, зокрема Городоцької, Буської та Сколівської. Для кожної з громад було сформовано три сценарії розвитку: максимально урбаністичний, збалансований розвиток та екологічно пріоритетний. Сценарій максимальної урбанізації передбачає інтенсивне розширення забудованих територій, активне переведення земель сільськогосподарського призначення у забудову. Збалансований сценарій орієнтований на поєднання економічного зростання із раціональним використанням природних ресурсів і дотриманням екологічних обмежень. Екологічно пріоритетний сценарій передбачає посилення природоохоронних заходів та обмеження інтенсивного використання земель.

У досліджуваних міських територіальних громадах для кожного сценарію задаємо ймовірнісні інтервали, де інтегральний показник відповідає задовільному рівню розвитку при наявності структурних дисбалансів, зокрема високого рівня розораності, недостатньої лісистості та обмеженої площі природно-заповідного фонду (табл. 1).

Порівняльний аналіз результатів сценарного моделювання для досліджуваних територіальних громад – Городоцька міська територіальна громада (агломераційний тип розвитку), Буська міська територіальна громада (аграрний тип розвитку) та Сколівська міська територіальна громада (гірський тип розвитку) – засвідчив суттєву залежність ефективності сценаріїв розвитку від природно-ресурсних та соціально-економічних характеристик територій (табл. 2).

Результати моделювання показали, що для Городоцької та Буської міських територіальних громад найбільш ефективним є збалансований сценарій розвитку, який забезпечує оптимальне співвідношення між економічними, екологічними та соціальними складовими. Водночас встановлено, що сценарій максимальної урбанізації не дозволяє подолати наявні структурні дисбаланси, а екологічно пріоритетний сценарій, попри позитивний вплив на стан довкілля, може стримувати економічний розвиток територій за відсутності компенсаторних механізмів. Для територій із домінуванням природних екосистем та обмеженим потенціалом урбанізації, зокрема для Сколівської міської територіальної громади, найбільш ефективним є екологічно пріоритетний сценарій розвитку. Він забезпечує практично співставний рівень інтегрального показника з альтернативними сценаріями при найнижчому рівні ризику, що свідчить про доцільність орієнтації на збереження природного середовища як ключового фактору сталого розвитку. Це підтверджується значеннями коефіцієнта варіації інтегрального показника (табл. 3).

Застосування сценарного моделювання дозволило виявити ключові проблеми розвитку територіальних

громад, зокрема нераціональну структуру землекористування, не-достатній рівень урбанізаційного розвитку окремих територій, наявність екологічних обмежень та нерівномірність бюджетно-економічної спроможності. Це створює підґрунтя для обґрунтування пріоритетних напрямів удосконалення системи землеустрою та підвищення ефективності управління земельними ресурсами.

Таблиця 1. Інтервали для досліджуваних міських територіальних громад у межах сценарного моделювання

Показник	Городоцька громада	Буська громада	Сколівська громада
1. Сценарій максимальна урбанізація			
Частка забудови	10 % → 25 % (рівномірний)	2,25 % → 8-12 % (рівномірний)	1,9 % → 8 % (обмежене зростання)
Частка ріллі	72 % → 55 %	65,7 % → 55-58 %	22 % → 30 % (розширення за рахунок лісів)
Ліси	11 % → 8 %	27,3 % → 22-25 %	76,5 % → 65 %
Доходи бюджету	+10-25 %	+10-25 %	+10-20 %
Ерозія ґрунтів	+5-15 %	+5-15 %	+5-12 % (ризика на схилах)
Природно-заповідний фонд	без змін або ↓	без змін або ↓ (0-10 %)	↓ або -5-10 %
2. Сценарій збалансований розвиток			
Частка забудови	10 % → 15 %	2,25 % → 4-6 %	1,9 % → 4-5 %
Рілля	72 % → 65 %	65,7 % → 60-62 %	22 % → 24-26 %
Ліси	11 % → 12-13 %	27,3 % → 28-30 %	76,5 % → 75-78 %
Доходи бюджету	+8-15 %	+8-15 %	+5-12 %
Ерозія ґрунтів	стабільна або -5 %	стабільна або -5 % (≈ 2-6 %)	0 → -5 %
Природно-заповідний фонд	+5-15 %	+5-15 %	+5-15 %
3. Сценарій екологічно пріоритетний			
Частка забудови	10 % → 8-9 %	2,25 % → 2-3 %	1,9 % → 1,5-2 %
Рілля	72 % → 60 %	65,7 % → 55-58 %	22 % → 18-20 %
Ліси	11 % → 15-18 %	27,3 % → 32-35 %	76,5 % → 80-85 %
Доходи бюджету	+3-10 %	+3-10 %	+2-8 %
Ерозія ґрунтів	-10-20 %	-10-20 % (≈ 1-4 %)	-10-20 %
Природно-заповідний фонд	+20-50 %	+20-50 %	+20-40

Джерело: складено автором роботи самостійно.

Таблиця 3. Розрахунок коефіцієнта варіації за результатами сценарного моделювання для міських територіальних громад, %

Сценарій	Городоцька громада	Буська громада	Сколівська громада
Екологічно пріоритетний	3,10	2,99	2,02
Збалансований розвиток	1,69	2,55	2,15
Максимальна урбанізація	4,62	5,27	3,83

Джерело: складено автором роботи самостійно.

Важливою перевагою сценарного моделювання є можливість його інтеграції з геоінформаційними системами, що забезпечує просторову візуалізацію результатів та підвищує якість аналітичного забезпечення управлінських рішень. Це особливо актуально у процесі розроблення комплексних планів просторового розвитку територіальних громад, які потребують врахування великого обсягу просторових даних.

Таким чином, сценарне моделювання є ефективним інструментом планування розвитку територіальних громад, що дозволяє враховувати альтернативні варіанти розвитку, оцінювати їх наслідки та обирати оптимальні управлінські рішення. Запропонований методичний підхід може бути використаний органами місцевого самоврядування під час розроблення стратегічних і просторових документів, а також у процесі вдосконалення системи землеустрою в Україні.

Висновки та перспективи подальших розвідок

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність застосування сценарного моделювання як ефективного інструменту землеустрою у плануванні розвитку територіальних громад. Встановлено, що використання сценарного підходу дозволяє враховувати багатоваріантність розвитку територій, невизначеність зовнішнього середовища та вплив ключових факторів, зокрема структури землекористування, рівня урбанізації, екологічного стану та фінансової спроможності громад. Доведено, що інтеграція сценарного моделювання у систему землеустрою сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень, дозволяє оцінювати наслідки альтернативних варіантів просторового розвитку та формувати збалансовані рішення щодо використання й охорони земельних ресурсів. Застосування сценарного підходу забезпечує перехід від традиційного лінійного планування до адаптивної моделі управління територіями, орієнтованої на принципи сталого розвитку. Визначено, що ефективність сценарного моделювання значною мірою залежить від якості інформаційного забезпечення, рівня інтеграції геоінформаційних систем, а також від доступності актуальних даних про стан земельних ресурсів і обмеження у їх використанні.

Перспективи подальших наукових розвідок пов'язані з удосконаленням методичних підходів до побудови сценаріїв розвитку територіальних громад, зокрема шляхом інтеграції сценарного моделювання з геоінформаційними технологіями, економіко-математичними моделями та методами просторового аналізу. Актуальним є також розроблення практичних інструментів впровадження сценарного підходу у процес розроблення комплексних планів просторового розвитку територій громад, а також адаптація міжнародного досвіду до умов України.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на апробацію сценарного моделювання для різних типів територіальних громад, оцінювання його впливу на ефективність використання земельних ресурсів та формування інвестиційної привабливості територій.

Таблиця 2. Підсумковий блок моделювання для досліджуваних міських територіальних громад

Показник	Значення інтегрального показника стану землекористування та просторового розвитку		
	Сценарій максимальна урбанізація	Сценарій збалансований розвиток	Сценарій екологічно пріоритетний
Городоцька громада			
Середнє значення	1,861	1,950	1,453
Мінімальне значення	1,575	1,856	1,326
Максимальне значення	2,103	2,051	1,575
Стандартне відхилення	0,085	0,032	0,045
Буська громада			
Середнє значення	1,526	1,510	1,506
Мінімальне значення	1,320	1,411	1,376
Максимальне значення	1,742	1,620	1,629
Стандартне відхилення	0,080	0,039	0,045
Сколівська громада			
Середнє значення	1,647	1,636	1,630
Мінімальне значення	1,469	1,539	1,546
Максимальне значення	1,817	1,726	1,716
Стандартне відхилення	0,063	0,035	0,033

Джерело: складено автором роботи самостійно.

Література

1. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Скляр Ю. Л., Капінос Н. О. Територіально-просторове планування використання земель в Україні: понятийний базис у контексті безпеки життєдіяльності людей. *Агроевіт*. 2021. 15. С. 3-13. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.15.3>.
2. Шевчук С. М., Чувпило В. В., Домашенко Г. Т. Еколого-економічні підходи просторового планування землекористування територіальної громади. *Економіка та суспільство*. 2025. № 80. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-104>.
3. Герасимчук О. Л., Шевчук Л. М., Васильєва Л. А., Кагукіна А. М. Сучасні підходи до управління та відновлення деградованих земель через інноваційні інструменти землеустрою. *Екологічні науки*. 2025. № 3(60). С. 56-60. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.10>.
4. Ряснянська А. М., Руденко С. В. Інструментарій підвищення ефективності використання земельних ресурсів у менеджменті територіальних громад. *"Український журнал прикладної економіки та техніки"*. 2024. № 1. С. 322-326. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-54>.
5. Koshkaldal, I., Sadovyy, I., Dombrovska, O., Gurskienė, V., Soshnikov, R. (2025) The Relationship Between Urban Land-Use Planning and Real Estate Prices: A Statistical and Geoinformation Approach. *European Association of Geoscientists & Engineers. GeoTerrace-2025: International Conference of Young Professionals, 6-9 October 2025, Lviv, Ukraine*, P. 1-5 <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552049>
6. Koshkaldal I., Dombrovska O., Stoiko N., Kulbaka O., Kulbaka V. Land management and land quality assessment tools for effective land resources management in the context of sustainable development. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2025, № 5. P. 244-251. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/244>.
7. Xiang W.-N., Clarke K. C. The use of scenarios in land-use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2003. Vol. 30, № 6. P. 885-909. DOI: <https://doi.org/10.1068/b2945>.
8. Gregor B. Land Use Scenario Developer: Practical Land Use Model Using a Stochastic Microsimulation Framework. *Transportation Research Record*, 2007. P. 93 - 102. DOI: <https://doi.org/10.3141/2003-12>.
9. Zarandian A, Mohammadyari F, Mirsanjari MM, Visockiene JS. Scenario modeling to predict changes in land use/cover using Land Change Modeler and InVEST model: a case study of Karaj Metropolis, Iran. *Environ Monit Assess*. 2023 Vol. 195. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10740-2>.
10. Gao Y., Liu D., Zheng X., Wang X., Ai G. Urban Expansion Scenario Prediction Model: Combining Multi-Source Big Data, a Graph Attention Network, a Vector Cellular Automata, and an Agent-Based Model. *Remote Sensing*, 2025. Vol. 17. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs17132272>.
11. Bacău S., Domingo D., Palka G., Pellissier L., Kienast F. Integrating strategic planning intentions into land-change simulations: Designing and assessing scenarios for Bucharest. *Sustainable Cities and Society*, 2022 Vol. 76, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103446>.
12. Zhang Z., Li J. Spatial suitability and multi-scenarios for land use: Simulation and policy insights from the production-living-ecological perspective. *Land Use Policy*. 2022 Vol. 119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106219>.
13. Gantumur B., Wu F., Vandansambuu B., Tsegmid B., Dalaibaatar E., Zhao Y. Spatiotemporal dynamics of urban expansion and its simulation using CA-ANN model in Ulaanbaatar, Mongolia. *Geocarto International*. 2022. Vol. 37, № 2. P. 494-509. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1723714>.

References

1. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Pryadka, T. M., Sklyar, Yu. L., & Kapinos, N. O. (2021). Terytorialno-prostorove planuvannya vykorystannya zemel v Ukraini: poniatiyniy bazys u konteksti bezpeky zhyttiediialnosti liudei [Territorial and spatial planning of land use in Ukraine: A conceptual basis in the context of human life safety]. *Ahrosvit*, (15), 3-13. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.15.3>.
2. Shevchuk, S. M., Chuvpylo, V. V., & Domashenko, H. T. (2025). Ekoloho-ekonomichni pidkhody prostorovoho planuvannya zemlekorystuvannya terytorialnoi hromady [Ecological and economic approaches to spatial planning of land use of the territorial community]. *Ekononika ta Suspiilstvo*, (80). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-104>.
3. Herasymchuk, O. L., Shevchuk, L. M., Vasilieva, L. A., & Kahukina, A. M. (2025). Suchasni pidkhody do upravlinnia ta vidnovlennia dehradovanykh zemel cherez innovatsiini instrumenty zemleustroi [Modern approaches to the management and restoration of degraded lands through innovative land management tools]. *Ekolohichni Nauky*, 3(60), 56-60. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.10>.
4. Riasnianska, A. M., & Rudenko, S. V. (2024). Instrumentarii pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannya zemelnykh resursiv u menedzhmenti terytorialnykh hromad [Toolkit for increasing the efficiency of land resource use in the management of territorial communities]. *Ukrainskyi Zhurnal Prykladnoi Ekonomiky ta Tekhnyky*, (1), 322-326. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-54>.
5. Koshkaldal, I., Sadovyy, I., Dombrovska, O., Gurskienė, V., & Soshnikov, R. (2025). The relationship between urban land-use planning and real estate prices: A statistical and geoinformation approach [Zv'iazok mizh mistobudivnym planuvanniam vykorystannya zemel ta tsinamy na nerukhomist: statystychnyi ta heoinformatsiyni pidkhid]. *European Association of Geoscientists & Engineers*, 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552049>.
6. Koshkaldal, I., Dombrovska, O., Stoiko, N., Kulbaka, O., & Kulbaka, V. (2025). Land management and land quality assessment tools for effective land resources management in the context of sustainable development [Instrumenty zemleustroi ta otsinky yakosti zemel dlia efektyvnogo upravlinnia zemelnymy resursamy v konteksti staloho rozvytku]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 244-251. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/244>.
7. Xiang, W.-N., & Clarke, K. C. (2003). The use of scenarios in land-use planning [Vykorystannya stsenariiv u planuvanni zemlekorystuvannya]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 885-909. <https://doi.org/10.1068/b2945>.
8. Gregor, B. (2007). Land use scenario developer: Practical land use model using a stochastic microsimulation framework [Rozrobnyk stsenariiv zemlekorystuvannya: praktychna model zemlekorystuvannya z vykorystanniam stokhastychnoi mikrosymulatsiinoi struktury]. *Transportation Research Record*, 93-102. <https://doi.org/10.3141/2003-12>.
9. Zarandian, A., Mohammadyari, F., Mirsanjari, M. M., & Visockiene, J. S. (2023). Scenario modeling to predict changes in land use/cover using Land Change Modeler and InVEST model: A case study of Karaj Metropolis, Iran [Stsenarne modeliuвання dlia prohnozuvannya zmin u vykorystanni/pokrytti zemel z vykorystanniam Land Change Modeler ta modeli InVEST: pryklad metropolii Karadz, Iran]. *Environ Monit Assess*, 195. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10740-2>.
10. Gao, Y., Liu, D., Zheng, X., Wang, X., & Ai, G. (2025). Urban expansion scenario prediction model: Combining multi-source big data, a graph attention network, a vector cellular automata, and an agent-based model [Model prohnozuvannya stsenariiv miskoho rozshyrennia: poiednannia bahatodzheryelnykh velykykh danykh, hrafovi merezhi uvahy, vektornoho klitynnoho avtomata ta ahentno-orientovanoi modeli]. *Remote Sensing*, 17. <https://doi.org/10.3390/rs17132272>.
11. Bacău, S., Domingo, D., Palka, G., Pellissier, L., & Kienast, F. (2022). Integrating strategic planning intentions into land-change simulations: Designing and assessing scenarios for Bucharest [Intehratsiia namiriv stratehichnoho planuvannya v symulatsii zmin zemli: proektuvannya ta otsinka stsenariiv dlia Bukharesta]. *Sustainable Cities and Society*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103446>.
12. Zhang, Z., & Li, J. (2022). Spatial suitability and multi-scenarios for land use: Simulation and policy insights from the production-living-ecological perspective [Prostorova prydatnist ta multystsenarii dlia zemlekorystuvannya: symulatsiia ta politychni visnovky z perspektyvy vyrobnycho-pobutovo-ekolohichnoi]. *Land Use Policy*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106219>.
13. Gantumur, B., Wu, F., Vandansambuu, B., Tsegmid, B., Dalaibaatar, E., & Zhao, Y. (2022). Spatiotemporal dynamics of urban expansion and its simulation using CA-ANN model in Ulaanbaatar, Mongolia [Prostorovo-chasova dynamika miskoho rozshyrennia ta yii symulatsiia z vykorystanniam modeli CA-ANN v Ulan-Batori, Monholiia]. *Geocarto International*, 37(2), 494-509. <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1723714>.

Стаття надійшла до редакції / Received 14.01.2026
Опубліковано / Published 25.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 30.01.2026