

К.А. Мамонов¹, В.В. Гой¹, Р.С. В'яткін¹, В.К. Мамонов²

¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ РИНКУ НЕРУХОМОСТІ

Актуальність теми дослідження полягає у тому, що перманентні зміни, що відбуваються на ринку нерухомості, обумовлені внутрішніми трансформаційними процесами, зовнішніми чинниками та наслідками агресії РФ, визначаються регіональними асиметріями, зниженням вартості нерухомості у прифронтових регіонах. Крім того, виникають певні особливості у сфері здійснення оцінки нерухомості, особливо у контексті порушених об'єктів і забезпечення їх відбудови.

Ключові слова: аналіз ринку нерухомості, оцінка нерухомості, математичне моделювання, методи, моделі.

Постановка проблеми

Перманентні зміни, що відбуваються на ринку нерухомості, обумовлені внутрішніми трансформаційними процесами, зовнішніми чинниками та наслідками агресії РФ, визначаються регіональними асиметріями, зниженням вартості нерухомості у прифронтових регіонах. Крім того, виникають певні особливості у сфері здійснення оцінки нерухомості, особливо у контексті порушених об'єктів і забезпечення їх відбудови.

Для здійснення аналізу ринку нерухомості та забезпечення її оцінки сформовано й застосовується нормативно-правове забезпечення: Конституція України, кодекси, закони, постанови Кабінету Міністрів та ін.

Для аналізу ринку нерухомості, виявлення чинників, що впливають на результати її оцінки особливого значення має формування та використання кількісної основи, яка розробляється шляхом застосування у тому числі інструментарію математичного моделювання.

Поряд з цим, виникають певні проблемні питання щодо його застосування, враховуючи сучасні тенденції та можливості використання представленого інструментарію.

Отже, тема дослідження щодо характеристики інструментарію математичного моделювання для аналізу нерухомості є актуальною, що впливає на результати її оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання розробки напрямів здійснення математичного моделювання, його застосування у

системі оцінки та використання земельно-майнового комплексу вирішуються у наукових розробках. Зокрема, теоретичні й практичні основи математичного моделювання, яке застосовується для дослідження сучасних процесів, представлені у роботах [1–6].

На функціональних аспектах здійснення математичного моделювання наголошується у роботах [7–8].

Напрями та особливості здійснення математичного моделювання у системі формування й використання земельно-майнового комплексу представлені у роботах [9–14].

У контексті визначення актуальності важливими питаннями є застосування математичного інструментарію для забезпечення аналізу нерухомості.

Мета та завдання статті

Метою дослідження є визначення напрямів та характеристика інструментарію математичного моделювання, що застосовуються для аналізу ринку нерухомості.

Завданнями дослідження є:

- формування напрямів математичного моделювання, яке застосовується для аналізу ринку нерухомості;
- обґрунтування моделей математичного моделювання;
- визначення критеріїв, що застосовуються у математичному моделюванні для аналізу ринку нерухомості.

Виклад основного матеріалу

Запропоновані напрями математичного моделювання, що застосовуються для аналізу ринку нерухомості:

- формування інформаційно-аналітичного забезпечення щодо здійснення математичного моделювання чинників, що впливають на формування й функціонування ринку нерухомості;
- виявлення представлених чинників;
- розробка кореляційної матриці, яка характеризується коефіцієнтами парної кореляції і свідчить про взаємний вплив чинників;
- визначення показників варіації змінних;
- побудова математичних моделей чинників, що впливають на формування й функціонування ринку нерухомості;
- визначення критеріїв адекватності математичних моделей;
- інтерпретація отриманих результатів.

Враховуючи вищезазначене, будується матриця кореляції, яка характеризується відповідними показниками.

Показники варіації змінних розраховують за моделями (наприклад, для змінної індексу територіального розвитку використання земель територіальних громад на регіональному рівні (Imp_2)):

- середня арифметична:

$$\overline{I_{trg}} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} I_{trg}; \quad (1)$$

- абсолютний розмах варіації:

$$R_{I_{trg}} = I_{trg_{max}} - I_{trg_{min}}; \quad (2)$$

- відносний розмах варіації:

$$i_{I_{trg}} = \frac{I_{trg_{max}}}{I_{trg_{min}}}; \quad (3)$$

- дисперсія (середній квадрат відхилення):

$$D_{I_{trg}} = \overline{I_{trg}^2} - \overline{I_{trg}}^2; \quad (4)$$

- середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_{I_{trg}} = \sqrt{D_{I_{trg}}}; \quad (5)$$

- коефіцієнт варіації:

$$v_{I_{trg}} = \frac{\sigma_{I_{trg}}}{\overline{I_{trg}}}. \quad (6)$$

На основі побудованої матриці кореляції будуються відповідні поля кореляції. Аналіз полів кореляції проводиться для встановлення залежності.

Виявляються помилки, які визначаються так:

- 1) на поле кореляції накладають прямокутний

шаблон на основі значень показників: індексів територіального розвитку використання земель територіальних громад на регіональному рівні, забудови територій, просторового забезпечення (I_{trg} , I_{zt} , I_{pz}) і й напівсторонами $t\sigma_{I_{trg}}$ і $t\sigma_{I_{zt}}$; $t\sigma_{I_{pz}}$.

Коефіцієнт довіри t беруть за відповідною таблицею. За умови, що $n = 15$ і $P = 0,95$, $t = 1,76$. Об'єкти спостереження, які виходять за прямокутних шаблон, виключаються із дослідження і є помилками;

- 2) для визначення помилок будується модель:

$$z = tq\sigma_{I_{trg}}, \quad (7)$$

де t – коефіцієнт довіри;

q – коефіцієнт щільності.

Приймаються рішення щодо вилучення або залишити спостереження у вибірці даних. При цьому переваги віддаються аномаліям другого рівня.

Коефіцієнти парної кореляції визначаються за системою рівнянь, зокрема:

$$\left. \begin{aligned} r_{trg \ I_{zt}} &= \frac{(I_{trg} \ I_{zt} - \overline{I_{trg}} \ \overline{I_{zt}})}{n} \\ r_{trg \ I_{pz}} &= \frac{(I_{trg} \ I_{pz} - \overline{I_{trg}} \ \overline{I_{pz}})}{n} \\ r_{I_{zt} \ I_{pz}} &= \frac{(I_{zt} \ I_{pz} - \overline{I_{zt}} \ \overline{I_{pz}})}{n} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Коефіцієнти кореляції визначаються залежність, причому він знаходиться: $-1 \leq r_{I_{trg} \ I_{zt}; \ I_{pz}} \leq 1$.

Виявлення мультиколінеарності здійснюється за повною матрицею коефіцієнтів кореляції:

$$\begin{bmatrix} 1 & r_{I_{zt} \ I_{pz}} & r_{I_{trg} \ I_{zt}} \\ r_{I_{zt} \ I_{pz}} & 1 & r_{I_{trg} \ I_{pz}} \\ r_{I_{trg} \ I_{zt}} & r_{I_{trg} \ I_{pz}} & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

за наступною шкалою:

$r = 0$ – відсутня;

$r = 0,01 - 0,2$ – слабка;

$r = 0,201 - 0,4$ – несуттєва;

$r = 0,401 - 0,6$ – помірна;

$r = 0,601 - 0,8$ – суттєва;

$r = 0,801 - 0,99$ – сильна;

$r = 1$ – абсолютна.

Розрахунок коефіцієнта множинної кореляції здійснюється за моделлю:

$$R_{trg \ I_{zt}; \ I_{pz}} = \sqrt{\frac{-1^3 \begin{bmatrix} 1 & r_{I_{zt} \ I_{pz}} & r_{I_{trg} \ I_{zt}} \\ r_{I_{zt} \ I_{pz}} & 1 & r_{I_{trg} \ I_{pz}} \\ r_{I_{trg} \ I_{zt}} & r_{I_{trg} \ I_{pz}} & 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & r_{I_{zt} \ I_{pz}} \\ r_{I_{zt} \ I_{pz}} & 1 \end{bmatrix}}}. \quad (10)$$

Для підтвердження встановлених зв'язків чинників територіального розвитку використання земель територіальних громад на регіональному рівні здійснюється F-критерієм:

$$F_i > 1,96,$$

де F_i – розрахункове значення, що визначається за моделлю:

$$F_i = \sqrt{n}lg \frac{1+|r_{itpr} \cdot i_{3tln3}|}{1-|r_{itpr} \cdot i_{3tln3}|}. \quad (11)$$

Для оцінки достовірності математичної моделі застосовуються t-критерій Стюдента, Дарбіна-Уотсона, здійснюється перевірка на гомо або гетероскедастичність із використанням програмного комплексу Statistica.

Інтерпретація отриманих результатів визначається встановленими причинно-наслідковими зв'язками між чинниками, що впливають на формування й функціонування ринку нерухомості.

Методами, що застосовуються для аналізу ринку нерухомості є:

тест на гомо або гетероскедастичність, що визначає однорідність або неоднорідність розподілу залишків;

критерій Дарбіна-Уотсона для перевірки на автокореляцію. У цьому методі визначаються граничні значення критерію і порівнюються відповідно відношення до автокореляції: відсутня, наявна або неможливо чітко вказати.

Висновки

Таким чином, у результаті дослідження запропоновано застосування методів і моделей математичного моделювання, які надають можливості сформувати кількісну основу для прийняття рішень на ринку нерухомості. Вони дозволяють удосконалити оцінні процедури й отримати результати для подальшого прогнозування та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для підвищення ефективності використання об'єктів земельно-майнового комплексу.

Література

1. Павленко П. М. Математичне моделювання систем і процесів: навч. Посіб. / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, О. М. Черенников, В. В. Трейтяк. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
2. Струтинський В. Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: підруч. / В. Б. Струтинський. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 611 с.
3. Павленко П. М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П. М. Павленко. – К. : НАУ, 2014. – 274 с.
4. Smith J. M. CALS. An introduction to CALS: The Strategy and the Standards / J. M. Smith. – Dublin : The Cromwell Press Ltd, 1990. – 143 p.
5. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis / A. M. Law, W. D. Kelton. – New York : McGraw-Hill Publishing Co, 2000. – 3-rd edit. – 560 p.
6. Hay D. C. Requirments Analysis: From Business Views to Architecture / D. C. Hay. – NJ : Prentice Hall, 2003. – 596 p.
7. Жученко А. І. Математичне моделювання процесів і систем: навч. посіб. / А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С.

Піргач, Я. Ю. Жураковський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/16799921-0872-4776-b522-2cd34d2ac13a/content>, вільний (дата звернення: 20.01.2025).

8. Кваско М. 3. Математичне моделювання та ідентифікація одно- і багатовимірних систем: навч. посіб. / М. 3. Кваско, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 308 с.

9. Мамонов К. А. Математичне моделювання чинників, що впливають на функціонування складних систем територіального розвитку використання земель регіонів / К. А. Мамонов, К. О. Метешкін, В. В. Гой, Р. С. В'яткін // Комунальне господарство міст. Серія: Інженерні науки і архітектура. – 2024. – Том 6. – Вип. 187. – С. 180 – 184. – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6404/6325>, вільний (дата звернення: 20.01.2025).

10. Мамонов К. А. Математичне моделювання показників геопросторового розвитку територіальних громад / К. А. Мамонов, М. О. Пілічева, В. О. Фролов, Р. С. В'яткін, О. Р. Войтенко // Український журнал прикладної економіки та техніки. – 2024. – Том 9. – № 3. – С. 287–292. – DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-3-50>, вільний (дата звернення: 20.01.2025).

11. Mamonov K. Mathematical model of territorial development of marine of Ukraine areas under the background of big data / K. Mamonov, Liu Chang // Екологічні науки. – 2020. – №2(29). – Т. 1. – С. 146 – 149.

12. Mamonov K. Integrated Method for Assessing Information Support of Real Estate Cadastre at Regional Level / K. Mamonov, V. Holovachov, O. Horb, A. Palamar // International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024», October 2024, Volume 2024, p. 1–5. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2024510086>, вільний (дата звернення: 20.01.2025).

13. Mamonov K. Theoretical and methodological provisions regarding the development and implementation of an integral method for assessing the level of information support of the multipurpose real estate cadastre at the regional level / K. Mamonov, V. Velychko, V. Holovachov, L. Kovalenko // Ukrainian Metrological Journal. – 2023. – № 2. – Pp. 40–51.

14. Мамонов К. А. Методи математичного моделювання для оцінки рівня використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів / К. А. Мамонов, Р. С. В'яткін, Е. С. Штерндок, А. В. Штерндок // The scientific heritage. – 2023. № 128. – Pp. 28 – 32. – Режим доступу: <https://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2024/01/The-scientific-heritage-No-128-128-2023.pdf>, вільний (дата звернення: 20.01.2025).

References

1. Pavlenko, P. M., Filonenko, S. F., Cherednikov, O. M. & Tretyak, V. V. (2017) Mathematical modeling of systems and processes: textbook. K.: NAU, 392 p.
2. Strutynskyi, V. B. (2001) Mathematical modeling of processes and systems of mechanics: textbook. Zhytomyr: ZHITI, 611 p.
3. Pavlenko, P. M. (2014) Fundamentals of mathematical modeling of systems and processes: a textbook. Kyiv: NAU, 274 p.
4. Smith, J. M.(1990) CALS. An introduction to CALS: The Strategy and the Standards. Dublin : The Cromwell Press Ltd, 143 p.
5. Law, A. M. & Kelton, W. D. (2000) Simulation Modeling and Analysis. New York : McGraw-Hill Publishing Co, 560 p.
6. Hay, D. C. (2003) Requirments Analysis: From Business Views to Architecture. NJ : Prentice Hall, 596 p.

7. Zhuchenko, A. I., Ladieva, L. R., Pirgach, M. S. & Zhurakovsky, Ya. Yu. (2021) *Mathematical modeling of processes and systems: a textbook*. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 351 p.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/16799921-0872-4776-b522-2cd34d2ac13a/content>
8. Kvasko, M. Z., Ladieva, L. R. & Pirgach, M. S. (2006) *Mathematical modeling and identification of one- and multidimensional systems: a textbook*. Kyiv: NTUU «KPI», 308 p.
9. Mamonov, K. A., Meteshkin, K. O., Goi, V. V. & Viatkin, R. S. (2024) *Mathematical modeling of factors influencing the functioning of complex systems of territorial development of land use of regions. Municipal economy of cities*. 187(6), 180–184.
<https://khq.kname.edu.ua/index.php/khq/article/view/6404/6325>
10. Mamonov, K. A., Pilicheva, M. O., Frolov, V. O., Viatkin, R. S. & Voitenko, O. R. (2024) *Mathematical modeling of indicators of geospatial development of territorial communities. Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 9(3), 287–292. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-3-50>
11. Mamonov, K., Liu, Chang (2020) *Mathematical model of territorial development of marine of Ukraine areas under the background of big data. Environmental Sciences*. №2(29), 146–149.
12. Mamonov, K., Holovachov, V., Horb, O. & Palamar, A. (2024) *Integrated Method for Assessing Information Support of Real Estate Cadastre at Regional Level. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024»*. 2024,1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510086>
13. Mamonov, K., Velychko, V., Holovachov, V. & Kovalenko, L. (2023) *Theoretical and methodological provisions regarding the development and implementation of an integral method for assessing the level of information support of the multipurpose real estate cadastre at the regional level. Ukrainian Metrological Journal*. 2, 40–51.
14. Mamonov, K. A., Viatkin, R. S., Shterndok, E. S. & Shterndok, A. V. (2024) *Mathematical modeling of land use factors of objects of the natural reserve fund of regions. Municipal economy of cities. Series: Engineering Sciences and Architecture*. 182(1), 132 – 136.
<https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-1-182-132-136>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. О. Метешкін, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна.

Автор: МАМОНОВ Костянтин Анатолійович
доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – kostia.mamonov2017@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0797-2609>

Автор: ГОЙ Василь Васильович
кандидат економічних наук, докторант кафедри економіки та маркетингу
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – vasssgoi@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1822-4478>

Автор: В'ЯТКІН Роман Сергійович
доктор філософії, асистент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – viatkinr@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8807-9988>

Автор: МАМОНОВ Владислав Костянтинович
здобувач вищої освіти Навчально-науковий інституту комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна
E-mail – thevladwork@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9323-6760>

CHARACTERISTICS OF MATHEMATICAL METHODS AND MODELS FOR REAL ESTATE MARKET ANALYSIS

K. Mamonov¹, V. Goi¹, R. Viatkin¹, V. Mamonov²

¹O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

² National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

The relevance of the research topic lies in the fact that permanent changes occurring in the real estate market, caused by internal transformation processes, external factors and the consequences of the Russian Federation's aggression, are determined by regional asymmetries, a decrease in the value of real estate in front-line regions. In addition, certain features arise in the field of real estate valuation, especially in the context of damaged objects and ensuring their reconstruction.

The research has achieved the goal of determining the directions and characteristics of methods and models of mathematical modeling used for analyzing the real estate market. In the context of the specified goal, the following tasks have been solved: formation of directions of mathematical modeling used for analyzing the real estate market; justification of mathematical modeling models; characteristics of criteria used in mathematical modeling for analyzing the real estate market.

The proposed directions of mathematical modeling used for analyzing the real estate market: formation of information and analytical support for mathematical modeling of factors affecting the formation and functioning of the real estate market; identification of the presented factors; development of a correlation matrix, which is characterized by pairwise correlation coefficients and indicates the mutual influence of factors; determination of

indicators of variation of variables; construction of mathematical models of factors that influence the formation and functioning of the real estate market; determination of criteria for the adequacy of mathematical models; interpretation of the results obtained. The study proposes the use of mathematical modeling methods and models that provide an opportunity to form a quantitative basis for decision-making in the real estate market. They allow improving assessment procedures and obtaining results for further forecasting and developing scientifically based recommendations to increase the efficiency of using land and property complex objects.

Keywords: *real estate market analysis, real estate valuation, mathematical modeling, methods, models.*