

УДК 528.4:332.3

ЗАСТОСУВАННЯ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В ЖИТЛОВІЙ І ГРОМАДСЬКІЙ ЗАБУДОВІ РЕГІОНІВ

Канд. екон. наук В. В. Гой, канд. пед. наук А. М. Крохмаль, асп. В. В. Харів

APPLICATION OF REGRESSION ANALYSIS TO IDENTIFY KEY FACTORS OF LAND USE IN RESIDENTIAL AND PUBLIC DEVELOPMENT OF REGIONS

PhD (Econ.) V. Goi, PhD (Pedagogy) A. Krokhmal, postgraduate student V. Khariv

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336645>



Анотація. У статті вирішено актуальне завдання відносно встановлення причинно-наслідкових зв'язків між чинниками землекористування в житловій і громадській забудові регіонів із застосуванням методів регресійного аналізу. Предметом дослідження є визначення впливу просторових, функціональних, містобудівних, екологічних чинників на узагальнюючий критерій рівня розроблення і реалізації геопросторового моніторингу землекористування в житловій і громадській забудові. Це дало змогу побудувати кількісну основу для ухвалення обґрунтованих рішень підвищення ефективності використання земель житлової та громадської забудови завдяки застосуванню технології геопросторового моніторингу. У роботі застосовані методи регресійного аналізу, визначення критеріїв адекватності математичних моделей. Для розроблення реалізації технології геопросторового моніторингу рекомендовано застосовувати сучасні геоінформаційні системи.

Ключові слова: землекористування, житлова забудова, громадська забудова, чинники впливу, регресійний аналіз, математичне моделювання, геопросторовий моніторинг, геоінформаційні системи.

Abstract. The article solves an urgent task regarding the establishment of cause and effect relationships between land use in residential and public development of regions using methods of using regression analysis methods. The subject of the study is to determine the impact of spatial, functional, urban planning, environmental factors on the general criterion of the level of development and implementation of geospatial monitoring of land use in residential and public development. This made it possible to build a quantitative basis for making sound solutions to improve the efficiency of use of residential and public land by applying geospatial monitoring technology. The work uses methods of regression analysis, determination of the criteria of adequacy of mathematical models. Modern geoinformation systems are proposed to be used for the development and implementation of geospatial monitoring technology.

It is necessary to test mathematical models on these specific regions and it is established that the growth of spatial, functional, urban planning, environmental factors leads to an increase in the level of efficiency of formation and implementation of geospatial monitoring, the use of residential and public development at the regional level and vice versa. Moreover, the creation and use of spatial, functional and urban planning support for existing extraordinary conditions in the field of use of land and public development lands. In addition, the conditions related to environmental safety and the implementation of the relevant areas at the regional level are worsening.

The use of regression analysis as a modern tool for establishing cause and effect relationships between factors has made it possible to create a basis for the development of organizational and spatial mechanism of improving the efficiency of use of residential and public development.

Keywords: land use, residential development, public development, factors of influence, regression analysis, mathematical modeling, geospatial monitoring, geoinformation systems.

Вступ. Сучасні системи використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні потребують застосування інструментарію, який дає змогу формувати кількісну основу та моделювати процеси землекористування, що визначені зниженням ефективності використання земель на регіональному рівні, розбалансуванням регіональних і стейкхолдерних зв'язків, уповільненням основних показників будівельної сфери, зниженням просторового, містобудівного забезпечення, зростанням екологічних проблем, скороченням рівня інвестиційної привабливості земельних ресурсів.

Для забезпечення використання земель житлової та громадської забудови сформовано та застосовано нормативно-правове забезпечення. Проте залишаються невирішеними питання визначення можливостей застосування сучасного інструментарію для моделювання та ухвалення рішень у сфері землекористування житлової та громадської забудови на регіональному рівні.

Виникають певні протиріччя щодо рівня професійної підготовки стейкхолдерів для здійснення регресійного аналізу чинників використання земель житлової та громадської забудови регіонів. Це впливає на рівень інформаційно-аналітичного забезпечення землекористування.

Отже, тема дослідження відносно встановлення причинно-наслідкових зв'язків між чинниками землекористування в житловій і громадській забудові регіонів із застосуванням методів регресійного аналізу є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процеси здійснення математичного моделювання, особливостей його застосування кваліфікують як наукові

розробки. Зокрема, у деяких роботах охарактеризовано методи і моделі математичного моделювання [1, 2]. Визначено напрями та особливості здійснення математичного моделювання, які дають змогу сформуванню кількісну основу в різних сферах діяльності [3–7]. Напрями та особливості застосування математичних методів і моделей у системі використання земель визначено в роботах [8–10].

Запропоновано напрями здійснення математичного моделювання чинників формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні:

- формування інформаційно-аналітичного забезпечення для математичного моделювання;
- визначення коефіцієнтів детермінації впливу чинників на інтегральний критерій;
- розроблення математичної моделі;
- визначення критеріїв адекватності математичної моделі;
- інтерпретація отриманих результатів.

Проте на недостатньому рівні сформована кількісна основа для ухвалення рішень у системі землекористування в житловій і громадській забудові на регіональному рівні із застосуванням регресійного аналізу. Залишаються невирішеними питання розроблення і впровадження геопросторового моніторингу використання земель у сфері житлової та громадської забудови, який базований на результатах регресійного аналізу і можливостях застосування геоінформаційних систем. У контексті визначення напрямів та особливостей

розроблення і реалізації моніторингу використання земель заслуговують на увагу розробки Ю. Радзінської, С. Нестеренка, К. Мамонова, І. Кондратюка [11–13].

Для використання моніторингу земель застосовують інструментарій геоінформаційних систем, результати імплементації якого визначені в роботах [14–16].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є встановлення причинно-наслідкових зв'язків між чинниками землекористування в житловій і громадській забудові регіонів із застосуванням методів регресійного аналізу. Для досягнення поставленої мети вирішують такі завдання:

- розробити математичні моделі впливу просторових, функціональних, містобудівних, екологічних чинників на інтегральний показник формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні;
- визначити критерії адекватності розроблених математичних моделей;
- провести апробацію математичних моделей на даних конкретних регіонів.

Основна частина дослідження. Причинно-наслідкові зв'язки між чинниками формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні встановлюють на основі застосування інструментарію регресійного аналізу і методів математичного моделювання, які подані в розробках К. Мамонова, В. Гоя, К. Метешкіна [8, 17]. Для отримання результатів аналізу застосовано програмний комплекс Statistica.

За результатами наведеного аналізу визначено високий рівень впливу просторових, функціональних, містобудівних, екологічних чинників на інтегральний показник формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні:

- для просторових чинників

$$D = 0,917;$$

- функціональних чинників

$$D = 0,891;$$

- містобудівних чинників

$$D = 0,962;$$

- екологічних чинників

$$D = 0,756.$$

Побудовано математичні моделі:

$$I_{GML} = 0,558 * I_{GML11} + 1,054; \quad (1)$$

$$I_{GML} = 0,611 * I_{GML12} + 1,175; \quad (2)$$

$$I_{GML} = 0,849 * I_{GML13} + 0,301; \quad (3)$$

$$I_{GML} = 2,506 * I_{GML14} - 3,884. \quad (4)$$

Визначено критерії адекватності математичних моделей впливу просторових, функціональних, містобудівних, екологічних чинників на інтегральний показник формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні, зокрема фактичні t-критерії Стюдента і нормативні значення (табл. 1).

Отже, виконана умова, що підтверджує достовірність встановлених зв'язків чинників формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні:

- модель (1):

$$t_1 = 9,744 > t_0 = 2,074;$$

$$t_2 = 15,607 > t_0 = 2,074;$$

- модель (2):

$$t_1 = 10,04 > t_0 = 2,074;$$

$$t_2 = 13,415 > t_0 = 2,074;$$

- модель (3):

$$t_1 = 2,922 > t_0 = 2,074;$$

$$t_2 = 23,585 > t_0 = 2,074;$$

- модель (4):

$$t_1 = 4,855 > t_0 = 2,074;$$

$$t_2 = 8,25 > t_0 = 2,074.$$

Слід зазначити, що фактичне значення визначали для порівняння за модулем.

Перевірку математичних моделей за суттєвістю встановлених зв'язків за F-критерієм Фішера подано в табл. 2.

Таблиця 1

Перевірка математичних моделей за t-критерієм Стьюдента, відн. од.

Параметр математичної моделі	Фактичне значення	Нормативне значення	Відповідність умови адекватності (+), невідповідність (-)
Модель (1)			
Постійний параметр	9,744	2,074	+
Чинник I_{GML11}	15,607		+
Модель (2)			
Постійний параметр	10,04	2,074	+
Чинник I_{GML12}	13,415		+
Модель (3)			
Постійний параметр	2,922	2,074	+
Чинник I_{GML13}	23,585		+
Модель (4)			
Постійний параметр	-4,855	2,074	+
Чинник I_{GML14}	8,25		+

Таблиця 2

Перевірка математичних моделей за суттєвістю встановлених зв'язків за F-критерієм Фішера, відн. од.

Математична модель	Фактичне значення	Нормативне значення	Відповідність умови адекватності (+), невідповідність (-)
модель (1)	243,58	4,3	+
модель (2)	179,97	4,3	+
модель (3)	556,28	4,3	+
модель (4)	68,058	4,3	+

Відповідність умови адекватності математичних моделей така:

- модель (1):

$$F_1 = 243,58 > F_0 = 4,3;$$

- модель (2):

$$F_1 = 179,97 > F_0 = 4,3;$$

- модель (3):

$$F_1 = 556,28 > F_0 = 4,3;$$

- модель (4):

$$F_1 = 68,058 > F_0 = 4,3.$$

Отже, визначена суттєвість встановлених причинно-наслідкових зв'язків між чинниками формування та реалізації геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні.

Значення критеріїв Дарбіна-Уотсона (d) для перевірки залишків моделі на автокореляцію залишків подано в табл. 3.

Таблиця 3

Значення критеріїв Дарбіна-Уотсона для перевірки залишків моделі на автокореляцію залишків, відн. од.

Математична модель	Фактичне значення	Нормативне найбільше значення у проміжку значень критерію Дарбіна-Уотсона	Відповідність умови адекватності (+), невідповідність (-)
модель (1)	2,455	1,45	+
модель (2)	1,994	1,45	+
модель (3)	2,332	1,45	+
модель (4)	1,955	1,45	+

Визначено умови адекватності математичних моделей за критерієм Дарбіна – Уотсона:

- модель (1):

$$d_1 = 2,455 > d_0 = 1,45;$$

- модель (2):

$$d_1 = 1,994 > d_0 = 1,45;$$

- модель (3):

$$d_1 = 2,332 > d_0 = 1,45;$$

- модель (4):

$$d_1 = 1,955 > d_0 = 1,45.$$

Значення критерію Спірмена (S) для перевірки щодо однорідності розподілу вибірки даних подано в табл. 4.

Виконана умова однорідності вибірки даних відповідно до математичних моделей:

- модель (1):

$$S = 0,799 < t_0 = 2,074;$$

- модель (2):

$$S = 0,969 < t_0 = 2,074;$$

- модель (3):

$$S = 0,855 < t_0 = 2,074;$$

- модель (4):

$$S = 0,506 < t_0 = 2,074.$$

Таблиця 4

Значення критерію Спірмена для перевірки щодо однорідності розподілу вибірки даних, відн. од.

Математична модель	Фактичне значення	Нормативне значення критерію Стюдента	Відповідність умови адекватності (+), невідповідність (-)
модель (1)	0,799	2,074	+
модель (2)	0,969	2,074	+
модель (3)	0,855	2,074	+
модель (4)	0,506	2,074	+

Висновки. Встановлено причинно-наслідкові зв'язки між чинниками землекористування в житловій і громадській забудові регіонів із застосуванням методів регресійного аналізу, що, на відміну від інших, дало змогу побудувати математичні моделі впливу просторових, функціональних, містобудівних, екологічних чинників на інтегральний показник розроблення і застосування геопросторового моніторингу для моделювання прогнозних змін у майбутніх періодах, сформувані кількісну основу ухвалення рішень у сфері використання земель житлової та громадської забудови.

Для підтвердження достовірності і повності встановлених зв'язків визначено критерії, що підтвердили адекватність розроблених математичних моделей.

Проведено апробацію математичних моделей на даних конкретних регіонів і встановлено, що зростання просторових, функціональних, містобудівних, екологічних чинників призводить до збільшення рівня ефективності формування й реалізації геопросторового моніторингу, використання земель житлової та громадської забудови на регіональному рівні і навпаки. Причому про «пристосування» до сучасних надзвичайних умов у сфері використання земель житлової та громадської забудови свідчить створення й застосування просторового, функціонального і містобудівного забезпечення. Разом із цим погіршуються умови, пов'язані з екологічною безпекою та реалізацією відповідних напрямів на регіональному рівні.

Список використаних джерел

1. Лавров Є. А., Перхун Л. П., Шендрик В. В. Математичні методи дослідження операцій. Суми: Сумський державний університет, 2017. 212 с.
2. Гусак Л. П., Гулівата І. О. Математичне моделювання як засіб здійснення професійної спрямованості навчання математики на економічних спеціальностях ВНЗ. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2016. Вип. 1(38). С. 105–107.
3. Іващук О. Т. Економетричні методи та моделі: навч. посіб. Тернопіль: ТАНГ «Економічна думка», 2002. 348 с.
4. Іващук О. Т. Кількісні методи та моделі фінансового прогнозування: навч. посіб. Тернопіль: ТАНГ «Економічна думка», 2004. 262 с.
5. Грабовецький Б. Є. Планування та економічне прогнозування: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2013. 66 с.

6. Лисогор В. М., Яремко С. А., Ольшевська О. В. Застосування методів прогнозування в процесі моделювання економічної діяльності підприємства. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2011. № 2. Т. 1. С. 21–25.
7. Вітлінський В. В., Піскунова О. В. Моделювання та управління розвитком малого підприємництва. *Вчені записки*. 2012. Вип. 14. Ч. 1. С. 261–268.
8. Мамонов К. А., Метешкін К. О., Гой В. В., В'яткін Р. С. Математичне моделювання чинників, що впливають на функціонування складних систем територіального розвитку використання земель регіонів. *Комунальне господарство міст*. 2024. Т. 6. Вип. 187. С. 180–184. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6404/632>.
9. Математичне моделювання показників геопросторового розвитку територіальних громад / К. А. Мамонов, М. О. Пілічева, В. О. Фролов та ін. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Т. 9. № 3. С. 287–292. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-3-50>.
10. Мамонов К. А., В'яткін Р. С., Штерндок Е. С., Штерндок А. В. Математичне моделювання чинників використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів. *Комунальне господарство міст*. 2024. Т. 1. Вип. 182. С. 132–136. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-1-182-132-136>.
11. Нестеренко С. Г., Радзінська Ю. Б., Євдокімов А. А., Штерндок Е. С. Сучасні аспекти методичного забезпечення геодезичного моніторингу об'єктів та територій. *Комунальне господарство міст*. 2024. Т. 6. Вип. 187. С. 199–203. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-6-187-199-203>.
12. Мамонов К. А., Пілічева М. О., Штерндок Е. С., Фролов В. О. Особливості формування геоінформаційних моніторингових систем використання земель територіальних громад на регіональному рівні. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2024. Вип. 115. Ч. 2. С. 207–213. DOI: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2024-115.2-207-213>.
13. Нестеренко С. Г., Радзінська Ю. Б., Кондратюк І. В., Халіков С. А. Інструментальні методи моніторингу земель міст. *Комунальне господарство міст*. 2023. Т. 3. Вип. 177. С. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-98-103>.
14. Mamonov K., Viatkin R., Frolov V. Land use monitoring of the regions: geoinformation aspects. *Комунальне господарство міст*. 2023. Т. 6. Вип. 180. С. 98–102. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-98-102>.
15. Мамонов К. А., Кондращенко О. В., Метешкін К. О., Нестеренко С. Г. Містобудівне забезпечення розробки геоінформаційних моніторингових карт використання нерухомості регіонів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2024. Вип. 115. Ч. 2. С. 190–198. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/115.2/190.pdf.
16. Мамонов К., Гой В., Штерндок А. Геопросторовий моніторинг використання земель об'єднаних територіальних громад. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1(35). С. 311–318. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1\(35\)-311-318](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-311-318).
17. Мамонов К. А., Гой В. В., В'яткін Р. С., Тіщенко А. Г. Математичне моделювання як інструментарій, що застосовується для аналізу ринку нерухомості. *Комунальне господарство міст*. 2025. Т. 1. Вип. 189. С. 296–300. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6480/6400>.

Гой Василь Васильович, кандидат економічних наук, докторант кафедри економіки та маркетингу, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ORCID iD: 0000-0003-1822-4478. Тел.: +38(099)033-30-22. E-mail: vasssgoi@gmail.com.

Крохмаль Алла Миколаївна, кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри іноземних мов, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ID ORCID: 0000-0002-9490-489X. E-mail: alla.krokhmal@kname.edu.ua.

Харів Владислав Вікторович, аспірант кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ORCID iD: 0009-0006-7937-5324. E-mail: v.khariv@ukr.net.

Goi Vasyl, PhD (Econ.), Doctoral Candidate at the Department of Economics and Marketing, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0003-1822-4478. Tel.: +38(099)033-30-22. E-mail: vasssgoi@gmail.com.

Alla Krokhmal, PhD (Pedagogy), Associate Professor (foreign languages), O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ID ORCID: 0000-0002-9490-489X. E-mail: alla.krokhmal@kname.edu.ua.

Khariv Vladyslav, postgraduate student of the department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0009-0006-7937-5324. E-mail: v.khariv@ukr.net.

Статтю прийнято 30.06.2025 р.