

Ю.Б. Радзінська, М.Л. Багін, В.В. Гой, В.О. Фролов

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

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИННИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ЗЕМЕЛЬ РЕГІОНІВ

Доведено, що трансформації, які відбуваються у сфері земельних відносин на регіональному рівні, зростання кризових явищ щодо використання земель потребують переосмислення підходів до забезпечення їх інвестиційної привабливості. Крім того, для забезпечення інвестиційної привабливості земель важливого значення набуває залучення вітчизняних і закордонних інвестицій, забезпечення ефективності їх використання.

Ключові слова: використання земель, інвестиційна привабливість земель, регіони, математичне моделювання.

Постановка проблеми

Трансформації, що відбуваються у сфері земельних відносин на регіональному рівні, зростання кризових явищ щодо використання земель потребують переосмислення підходів до забезпечення їх інвестиційної привабливості. У сучасних умовах земельні ресурси на регіональному рівні виступають однією із основних складових, що впливають на процеси реформування місцевого самоврядування та створення умов для формування підґрунтя відносно територіального розвитку. Крім того, для забезпечення інвестиційної привабливості земель важливого значення набувають залучення вітчизняних і закордонних інвестицій, забезпечення ефективності їх використання. Для реалізації цього процесу необхідно створити кількісне підґрунтя для прийняття рішень та забезпечення інвестиційної привабливості на основі математичного моделювання.

Отже, представлена тема дослідження щодо застосування математичного моделювання чинників інвестиційної привабливості є актуальною і має своєчасний характер.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Створенням інвестиційної привабливості земель та особливостей її застосування на різних рівнях займаються вчені [1–4]. Водночас залишаються невирішеними питання щодо забезпечення інвестиційної привабливості земель регіонів, враховуючи вплив просторових, економічних, містобудівних, екологічних, інноваційних, безпекових, нормативно-правових чинників.

Крім того, обґрунтовані методи і моделі для оцінки інвестиційної привабливості земель регіонів. У цьому контексті деякі автори фокусують увагу на сукупності критеріїв, які характеризують напрями та особливості функціонування регіонів, із виокрем-

ленням потенційних можливостей, економічних напрямів та інвестиційних переваг [5].

Для оцінки інвестиційної привабливості виокремлюються наступні чинники: політичні, соціальні, інституціональні, екологічні та ін. [6–8].

Для оцінки інвестиційної привабливості земель міст запропоновано здійснювати інтегральну оцінку через призму взаємопов'язаних чинників:

- рівня інформаційного забезпечення;
- інвестиційної привабливості;
- функціональних інтегральних показників;
- розробки багаторівневої системи показників;
- побудови моделей та моделювання чинників;
- інтерпретації отриманих результатів [9].

Для реалізації комплексного підходу до оцінки інвестиційного потенціалу регіону визначені наступні етапи:

- формування інформаційно-аналітичного забезпечення визначення інвестиційного потенціалу регіону;
- виокремлення відповідних чинників;
- формування системи показників оцінки рівня інвестиційного потенціалу регіону;
- розробка та застосування моделей методів та моделей оцінки;
- розробка та реалізація комплексної моделі оцінки рівня інвестиційного потенціалу регіонів;
- визначення інтегрального показника рівня інвестиційного потенціалу регіонів [10].

Заслужують на увагу розробки, у яких запропоновано оцінювати інвестиційну привабливість як комплексний показник, що визначається на основі: виробничо-господарського, державно-правового, соціально-економічного забезпечення; природно-ресурсного та інфраструктурного потенціалу [11].

У контексті оцінки інвестиційної привабливості земель і застосування інтегральних і рейтингових методів і моделей заслуговують на увагу [12, 13].

Міжнародний досвід комплексної оцінки інвестиційної привабливості використання земель регіонів базується на напрямках застосування методу аналізу ієрархій, який представлено у розробках [14–18].

Мета та завдання статті

Метою дослідження є визначення напрямів та особливостей математичного моделювання чинників інвестиційної привабливості земель регіонів. Для цього досягаються наступні завдання:

- охарактеризувати метод математичного моделювання;
- представити результати застосування математичного моделювання чинників інвестиційної привабливості земель регіонів.

Виклад основного матеріалу

Для оцінки інвестиційної привабливості земель регіонів використовуються методи математичного моделювання, які реалізуються за наступними етапами: формування геопросторового забезпечення інвестиційної привабливості земель регіонів; визначення факторів, що впливають на формування та використання інвестиційної привабливості земель; встановлення залежності між факторами на основі коефіцієнтів кореляції та детермінації; побудова моделі впливу чинників на інтегральний показник забезпечення інвестиційної привабливості земель на регіональному рівні; визначення критеріїв адекватності математичної моделі; інтерпретація отриманих результатів.

У контексті визначених етапів слід зазначити, що коефіцієнти кореляції та детермінації показують рівень впливу незалежних чинників на інтегральний показник забезпечення інвестиційної привабливості земель регіонів. Значення представлених коефіцієнтів варіюються від 0 до 1. Чим ближче значення наближаються до 1, тим вище зв'язок між чинниками, і навпаки. Коефіцієнт детермінації визначається як квадрат від коефіцієнта кореляції і є більш точним критерієм, що характеризує рівень залежності.

Варто зазначити, що для визначення адекватності розробленої математичної моделі застосовуються критерії:

– *F*-критерій Фішера, який визначає рівень повноти та достовірності встановлених зв'язків. Розрахунковий *F*-критерій порівнюється із його табличними значеннями. Якщо розрахункові значення перевищують табличні, то підтверджується гіпотеза щодо повноти та достовірності встановлених зв'язків, якщо навпаки – відбувається перебудова математичної моделі і виключення чинників;

– *t*-критерій Стюдента показує достовірність встановлених зв'язків, який порівнюється із табличним значенням. Якщо розрахунковий критерій перевищує табличний, то підтверджується гіпотеза про

достовірність встановлених зв'язків, якщо навпаки, то чинник виключається із моделі;

– критерій перевірки на гомо- або гетероскедастичність характеризує рівень однорідності залишків чинників. У разі, коли розрахункове значення перевищує табличне, це свідчить про неоднорідність залишків та неадекватність розробленої моделі. У протилежному разі – підтверджується гіпотеза про гомоскедастичність залишків моделі;

– критерій Дарбіна-Уотсона визначає автокореляцію залишків моделі. Цей критерій оцінюється за відповідною моделлю. Розрахункове значення критерію Дарбіна-Уотсона порівнюється із табличними. Якщо визначений критерій попадає у встановлений проміжок, то робиться висновок про відсутність автокореляції, якщо ні – підтверджується автокореляція або характеризується як невизначеність;

– перевірка на мультиколінеарність здійснюється на основі коефіцієнтів парної кореляції: відсутність мультиколінеарності – коефіцієнт парної кореляції дорівнює 0; низький рівень – 0,01–0,2; несуттєва – 0,21–0,4; помірна – 0,41–0,6; суттєва – 0,61–0,8; висока – 0,81–0,99; абсолютна – 1. У разі досягнення значень коефіцієнта парної кореляції 0,61 і вище відповідний незалежний чинник виключається із моделі. Інакше – показники залишаються.

Для математичного моделювання сформоване інформаційне-аналітичне забезпечення, яке застосовується за результатами оцінки показників інвестиційної привабливості, та спрямоване на встановлення причинно-наслідкових зв'язків між системними чинниками та інтегральним показником.

У результаті математичного моделювання встановлено зв'язок між системними просторовим (LI_1), економічним (LI_2), містобудівним (LI_3), екологічним (LI_4), інноваційним (LI_5), безпековим (LI_6), нормативно-правовим (LI_7) показниками й інтегральним чинником рівня інвестиційної привабливості земель регіонів (I_{LI}):

$$I_{LI} = 3,496 \times LI_1 - 0,495, (R^2 = 0,323); \quad (1)$$

$$I_{LI} = 4,439 \times LI_2 + 1,97, (R^2 = 0,651); \quad (2)$$

$$I_{LI} = 6,971 \times LI_3 + 1,638, (R^2 = 0,775); \quad (3)$$

$$I_{LI} = 2,723 \times LI_4 + 1,789, (R^2 = 0,791); \quad (4)$$

$$I_{LI} = 25,654 \times LI_5 - 0,89, (R^2 = 0,961); \quad (5)$$

$$I_{LI} = 3,51 \times LI_6 - 0,805, (R^2 = 0,867); \quad (6)$$

$$I_{LI} = 11,425 \times LI_7 + 1,416, (R^2 = 0,863). \quad (7)$$

Висновки

У результаті дослідження визначено, що зміни системного просторового показника на 32,3 % обумовлюють трансформації інтегрального чинника.

Цей зв'язок прямопропорційний, що свідчить про можливість зростання просторового чинника для збільшення інтегрального показника і навпаки. Слід зауважити, що інші чинники негативно впливають на формування інвестиційної привабливості земель на регіональному рівні у сучасних умовах.

На основі математичного моделювання встановлено, що системний економічний показник на 65,1 % обумовлює зміни інтегрального чинника рівня інвестиційної привабливості земель регіонів і має прямопропорційний зв'язок. При наявності економічних чинників початкові умови визначаються позитивними тенденціями відносно формування інвестиційної привабливості земель.

Встановлено, що зростання системного містобудівного чинника на 1 відн. од. призводить до збільшення інтегрального чинника рівня інвестиційної привабливості майже на 7 відн. од. Крім того, коефіцієнт детермінації свідчить про суттєвий зв'язок між представленими чинниками. Причому вплив інших чинників визначається позитивними тенденціями.

Вплив системного екологічного показника на інтегральний чинник рівня інвестиційної привабливості земель регіонів характеризується суттєвим значенням коефіцієнта детермінації і має прямопропорційний характер. Збільшення екологічних чинників на 1 відн. од. спричиняє зростання інтегрального показника на 2,7 відн. од. і навпаки.

Системний інноваційний чинник визначається високим його впливом на інтегральний показник рівня інвестиційної привабливості земель регіонів. Коефіцієнт детермінації дорівнює 0,961. Крім того, зростання системного інноваційного чинника на 1 відн. од. призводить до збільшення інтегрального показника на 25,6 відн. од.

У результаті математичного моделювання встановлено зростання впливу безпекових чинників на інвестиційну привабливість земель на регіональному рівні, що пов'язано із сучасними надзвичайними умовами і агресією РФ. Слід вказати, що зміни системного безпекового чинника на 86,7 % обумовлює зміни інтегрального показника рівня інвестиційної привабливості земель регіонів. Встановлено прямопропорційний зв'язок між чинниками. Причому вплив інших факторів характеризується від'ємними значеннями.

Виявлено зростання значення нормативно-правового забезпечення у системі формування інвестиційної привабливості земель регіонів. Зміна системного нормативно-правового чинника на 86,3 % зумовлює зміни інтегрального показника рівня інвестиційної привабливості земель на регіональному рівні. Крім того, цей вплив має прямопропорційний характер.

Отже, у результаті математичного моделювання встановлені причинно-наслідкові зв'язки між систем-

ними чинниками й інтегральним показником рівня інвестиційної привабливості земель регіонів. Це дозволило сформуванню кількісну основу для прогнозування змін інтегрального показника та розробити заходи для зростання рівня інвестиційної привабливості земель, враховуючи особливості формування та використання просторового, економічного, містобудівного, екологічного, інноваційного, безпекового й нормативно-правового забезпечення.

Набули подальшого розвитку процеси математичного моделювання чинників інвестиційної привабливості земель регіонів на основі застосування кореляційно-регресійного аналізу, критеріїв адекватності моделей, що, на відміну від вже наявних, надали можливість встановити причинно-наслідкові зв'язки між показниками інвестиційної привабливості.

Література

1. Безпалько Р. І. *Інвестиційна привабливість земель сільськогосподарського призначення в Україні* / Р. І. Безпалько // *Збірник науково-технічних праць. Науковий вісник НЛТУ України*. – 2013. – Вип. 23.16. – С. 309–313.
2. Райтер Н. І. *Основні індикатори інвестиційної привабливості сільськогосподарських підприємств* / Н. І. Райтер // *Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка»*. – Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/33.pdf, вільний (дата звернення: 20.03.2024).
3. Мартинюк М. П. *Теоретичні засади регулювання земельних відносин в Україні* / М. П. Мартинюк // *Економіка АПК*. – 2016. – № 7. – С. 10–15.
4. Кльоба Л. Г. *Сутність, структура та елементи інвестиційного ринку України* / Л. Г. Кльоба // *Агросвіт*. – 2016. – № 12. – С. 12–17.
5. Кербікова А. С. *Діагностика інвестиційної привабливості регіонів України* / А. С. Кербікова, О. О. Письменна, Т. В. Гулик // *Die wichtigsten Vektoren für die Entwicklung der Wissenschaft im Jahr*. – 2020. – Band 1. – С. 10–15.
6. Гавловська Н. І. *Методичні підходи до оцінки інвестиційної привабливості національної економіки: переваги та недоліки* / Н. І. Гавловська, С. М. Рудніченко, В. І. Гавловська // *Економічні науки. Вісник Хмельницького національного університету*. – 2018. – № 1. – С. 197–202. – Режим доступу: <http://surl.li/cfgde>, вільний (дата звернення: 20.03.2024).
7. Комліченко О. О. *Інвестиційна привабливість галузей економічної діяльності регіону*. – Режим доступу: <http://surl.li/cezoe>, вільний (дата звернення: 25.03.2024).
8. Pina T. V. *Напрями підвищення інвестиційної привабливості України на світовій арені* / Т. В. Pina // *Причорноморські економічні студії. Економіка та управління підприємствами*. – 2021. – Випуск 6. – С. 63–68. – Режим доступу: <http://surl.li/cfgfd>, вільний (дата звернення: 28.03.2024).
9. Радзінська Ю. Б. *Розробка методів і моделей до оцінки впливу факторів на формування інвестиційної привабливості земель міст* / Ю. Б. Радзінська // *Науковий вісник будівництва: Збірник наукових праць*. – 2018. – № 1. – Том 91. – С. 304–309.
10. Холод С. Б. *Порівняльний аналіз інвестиційної привабливості в період трансформації економічної системи* / С. Б. Холод // *Академічний огляд*. – 2016. – № 2. – С. 95–100. – Режим доступу: <https://acadrev.duan.edu.ua/images/PDF/2016/2/13.pdf>, вільний (дата звернення: 22.03.2024).

11. Андрійчук І. В. Оцінювання інвестиційної привабливості об'єднаних територіальних громад у гірських регіонах на основі державного регулювання / І. В. Андрійчук, М. А. Конкольнік // *Економіка та суспільство*. – 2021. – Вип. 27. – Режим доступу: <https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=> вільний (дата звернення: 23.03.2024).
12. Кісіль М. І. Інвестиційне забезпечення розвитку сільськогосподарства України в стратегічній перспективі / М. І. Кісіль // *Вісник аграрної науки*. – 2018. – № 1. – С. 78–82.
13. Ulanchuk V. / V. Ulanchuk, O. Zharun, S. Sokolyuk, S. Tkachuk // *Investment needs assessment of Ukrainian agricultural enterprises. Investment Management and Financial Innovations*. – 2017. – Vol. 14. – Is. 1. – Pp. 181–190. – Режим доступу: [http://dx.doi.org/10.21511/imfi.14\(1-1\).2017.04](http://dx.doi.org/10.21511/imfi.14(1-1).2017.04), вільний (дата звернення: 20.03.2024).
14. Saaty T. L. *Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process* (англ.) // *RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics)*. – 2008. – June (vol. 102, no. 2). – Pp. 251–318.
15. Saaty Thomas L. *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. – Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1999.
16. Drake P.R. *Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education // International Journal of Engineering Education*. – 1998. – Vol. 14. – № 3. – Pp. 191–196.
17. Dyer J. S. *Remarks on the Analytic Hierarchy Process. In: Management Science*. – 1990. – № 36 (3). – Pp. 249–258.
18. Patrick T. Harker, Luis G. Vargas. *Reply to 'Remarks on the Analytic Hierarchy Process' by J. S. Dyer. Management Science*. – 1990. – Vol. 36. – № 3. – pp. 269–273.

References

1. Bezpalko, R. I. (2013) Investment attractiveness of agricultural lands in Ukraine. *Collection of scientific and technical works. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*. 23.16, 309–313.
2. Ryter, N. I. The main indicators of investment attractiveness of agricultural enterprises. *Electronic scientific specialist edition «Effective-on economy»*. http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/33.pdf [in Ukrainian]
3. Martyniuk, M. P. (2016) Theoretical principles of land relations regulation in Ukraine. *Economics of agriculture*. 7, 10–15.
4. Klyoba, L. G. (2016) Essence, structure and elements of the investment market of Ukraine. *Agrosvit*. 12, 12–17.
5. Kerbikova, A. S., Pysmenna, O. O., & Gulyk, T. V. (2020) Diagnostics of investment attractiveness of regions of Ukraine. *Die wichtigsten Vektoren für die Entwicklung der Wissenschaft im Jahr*. 1, 10–15.
6. Havlovska, N. I., Rudnichenko, E. M., & Havlovska, V. I. (2018) Methodical approaches to assessing the investment attractiveness of the national economy: advantages and disadvantages. *Economic sciences. Bulletin of the Khmelnytskyi National University*. 1, 197–202. <http://surl.li/cfgde> [in Ukrainian]
7. Komlichenko, O. O. Investment attractiveness of the branches of economic activity of the region. <http://surl.li/cezo> [in Ukrainian]
8. Ripa, T. V. (2021) Directions of increasing the investment attractiveness of Ukraine on the world stage. *Black Sea Economic Studies. Economics and business management*. 6, 63–68. <http://surl.li/cfgfd> [in Ukrainian]
9. Radzinska, Yu. B. (2018) Development of methods and models to assess the influence of factors on the formation of investment attractiveness of urban lands. *Scientific Bulletin of*

- Construction: Collection of Scientific Papers*. 1(91), 304–309.
10. Kholod, S. B. (2016) Comparative analysis of investment attractiveness in the period of transformation of the economic system. *Academic review*. 2, 95–100. <https://acadrev.duan.edu.ua/images/PDF/2016/2/13.pdf> [in Ukrainian]
11. Andriychuk, I. V., & Konkolniak, M. A. (2021) Assessment of investment attractiveness of united territorial communities in mountain regions based on state regulation. *Economy and society*. 27. <https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=> [in Ukrainian]
12. Kisil, M. I. (2018) Investment support for the development of the agricultural economy of Ukraine in a strategic perspective. *Herald of Agrarian Science*. 1, 78–82.
13. Ulanchuk, V., Zharun, O., Sokolyuk, S., & Tkachuk, S. (2017) Investment needs assessment of Ukrainian agricultural enterprises. *Investment Management and Financial Innovations*. 14(1), 181–190. [http://dx.doi.org/10.21511/imfi.14\(1-1\).2017.04](http://dx.doi.org/10.21511/imfi.14(1-1).2017.04).
14. Saaty, T.L. (2008) *Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors—AHP. Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences: Mathematics (RACSAM)*, 102, 251–318.
15. Saaty, Thomas L. (1999) *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
16. Drake, P.R. (1998) *Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education. International Journal of Engineering Education*. 14(3), 191–196.
17. Dyer, J. S. (1990) *Remarks on the Analytic Hierarchy Process. In: Management Science*, 36 (3), 249–258.
18. Patrick, T. Harker, Luis G. Vargas (1990) *Reply to Remarks on the Analytic Hierarchy Process' by J. S. Dyer. Management Science*, 36(3), 269–273.

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

Автор: РАДЗИНСЬКА Юлія Борисівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – radzinskayayb@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1661-7975>

Автор: БАГІН Михайло Леонідович
здобувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – bahin.m@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0178-6194>

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: ФРОЛОВ Вячеслав Олександрович
кандидат технічних наук, асистент кафедри
земельного адміністрування та геоінформаційних
систем
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – frolgis@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8045-3963>

MATHEMATICAL MODELLING OF FACTORS OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF REGIONAL LANDS

Yu. Radzinska, M. Bahin, V. Goi, V. Frolov

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

The transformations in land relations at the regional level and the growth of crisis phenomena regarding land use require a rethinking of approaches to ensure land investment attractiveness. In the modern context, land resources at the regional level are one of the main components that influence the processes of reforming local self-government and creating conditions for forming the basis for territorial development. In addition, attracting domestic and foreign investments and ensuring the efficiency of land use are becoming vital to improving the investment attractiveness of land. Moreover, to implement this process, it is necessary to create a quantitative basis for decision-making and secure investment attractiveness based on mathematical modelling.

The study reached the goal of determining the directions and features of mathematical modelling of investment attractiveness factors of regional lands. At the same time, it has achieved the following objectives: to characterise the method of mathematical modelling; to present the results of the application of mathematical modelling of factors of the investment attractiveness of the lands of the regions.

As a result of mathematical modelling, we established cause-and-effect relationships between systemic factors and the integral indicator of the level of investment attractiveness of the lands of the regions. It made it possible to form a quantitative basis for forecasting changes in the integral indicator and to develop measures to increase the level of investment attractiveness of land, accounting for the peculiarities of the formation and use of spatial, economic, urban planning, environmental, innovative, security, and legal support.

Processes of mathematical modelling of investment attractiveness factors of regional lands based on correlation-regression analysis and model adequacy criteria, which, in contrast to the existing ones, allowed for establishing cause-and-effect relationships between indicators of investment attractiveness, gained further development.

Keywords: land use, investment attractiveness of land, regions, mathematical modelling.