
**РОЗВИТОК ПРОДУКТИВНИХ СИЛ
І РЕГІОНАЛЬНА ЕКОНОМІКА**

УДК 336.6:330.1

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2023-2-13>**Гончаренко І.В.**доктор економічних наук, професор кафедри публічного управління
та адміністрування і міжнародної економіки
Миколаївського національного аграрного університету**Honcharenko Iryna**

Mykolayiv National Agrarian University

**ВИКОРИСТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ
ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРИ ВИВЧЕННІ
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРИМОРСЬКИХ РЕГІОНІВ****USE OF FORECASTING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS
IN STUDYING THE COMPETITIVENESS OF THE COASTAL REGIONS**

Стаття присвячена дослідженню можливостей використання штучних нейромереж для прогнозування показників конкурентоспроможності, що чинять прямий вплив на підсистеми та елементи конкурентоспроможності регіонів. Практичне застосування методу навчання штучних нейромереж дозволяє прогнозувати сценарії розвитку показника, довірчі інтервали, величину похибки прогнозування. Дані аналізу можуть бути використані при планування стратегічного розвитку регіону, вивченні трендів показників. Застосування програмного забезпечення значно полегшує та спрощує процес розрахунків та дозволяє отримати дані в графічному та розрахунковому вигляді, що є необхідною умовою для інтерпретації та аналізу даних вченими-економістами.

Ключові слова: валовий регіональний продукт (ВРП), конкурентоспроможність, регіон, конкурентоспроможність приморського регіону, прогнозування, нейромережеве програмування.

The use of the mechanism of regional competitiveness enhancement is to maintain and strengthen the region's resource, intellectual, social and human capital. The article is devoted to the study of the possibilities of using artificial neural networks for forecasting indicators of competitiveness, which have a direct impact on subsystems and elements of competitiveness of regions. The practical application of the method of learning artificial neural networks allows you to predict the scenarios of the development of the indicator, confidence intervals, and the amount of the forecasting error. The analysis data can be used in planning the strategic development of the region, studying trends in indicators. The use of software greatly facilitates and simplifies the process of calculations and allows you to obtain data in graphical and calculated form, which is a necessary condition for the interpretation and analysis of data by economists. Forecasting regional competitiveness indicators with the help of neural networks allows testing, obtaining several forecast results and evaluating the forecast results by calculating the average error. Comparison of the obtained values of the calculated average error allows you to choose the forecasting result that is the most acceptable and possible for further use. Taking into account the values of forecast indicators of the region's competitiveness is necessary when planning the region's development strategy, when choosing strategic priorities and initiatives, emphasis is placed on achieving the forecast values of the «markers» of the strategy. Using the example of the indicator of the gross regional product of the region, calculations of the forecast of changes in the indicator were carried out using the Statistica software by the method of artificial neural network modeling. The gross regional product is an indicator chosen for analysis due to certain of its strong positive aspects: universality of the comparative base, availability of statistical data, economic sense. The study of competitiveness requires an understanding of the prospects for the development of its indicators, since their management affects the overall indicator. Competitiveness forecasting makes it possible to create a prognostic scenario of the development of both competitiveness factors, its components, and the object of research in general. However, the use of forecasting tools requires knowledge of certain nuances that accompany forecasting: peculiarities of using software tools, checking the forecast by calculating the standard error, etc.

Key words: Gross regional product (GRP), competitiveness, region, competitiveness of the coastal region, forecasting, neural network programming.

Постановка проблеми. Питання вибору нестандартних методів оцінювання та аналізу конкурентоспроможності регіонів набувають все більшої актуальності, що пов'язано з розвитком програмного забезпечення та удосконаленням підходів до оцінювання її показників.

Застосування нестандартних методів оцінювання та прогнозування показників конкурентоспроможності регіону набуває актуальності за умов невідповідності результатів традиційних підходів поставленим задачам обґрунтування перспективних напрямів та завдань використання ресурсів регіону. Зміни екологічних, економічних, соціальних, інфраструктурних умов регіону мають як позитивні, так і негативні наслідки, які необхідно ідентифікувати та враховувати в процесі прогнозування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанням дослідження конкурентоспроможності регіонів присвячено праці вітчизняних вчених Гудзь П.В., Гудзь М.В., Вдовіченої О. [1], Ткаленко О., Олійник Ю., Шкурупської І., Іванченкової В., Петренко О., Власенко Ю. [2], Назаров М.І. [3], Антонюк Л.Л. [4]. тощо. Вказані вчені наголошують на сутності конкурентоспроможності регіонів, розглядають процеси порівняння, співставлення, оцінювання, що лежать в основі конкуренції та зумовлюють її динамічний характер. При цьому досліджують конкурентоспроможність як властивість об'єкту, що дозволяє йому набути вирішальних при конкуренції рис. Дослідженням методів оцінювання та прогнозування конкурентоспроможності займалися вітчизняні та закордонні вчені Вртенова Л. [5], Паас Т. [6], Мартін Р. [7], Акос Д. [8]. Запропоновані вказаними авторами методи найбільш вдало застосовуються при оцінюванні конкурентоспроможності.

Виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми. Управління конкурентоспроможністю регіонів потребує відповідності сучасним викликам науки та техніки, повинно базуватися на прогнозних та планових розрахунках, спрямовуватися на вирішення не лише економічних, а й соціальних, екологічних проблем регіону, розвитку відповідних галузей науки. Складання стратегії розвитку та моделювання економічних процесів розвитку приморського регіону реалізується відповідно до ключових принципів: системності та комплексності, цілісності, множинності, складності, функціональності (характеристики елементів в системі, її структури, зв'язків між параметрами системи, що забезпечує гнучкість поведінки системи), оптимізації розвитку системи, інтегральності. Використання вказаних принципів при прогнозуванні показників стану конкурентоспроможності регіонів забезпечується використанням методу програмування штучних інтелектуальних систем за

допомогою програмного забезпечення. Використання даного методу при прогнозуванні дозволяє уникнути волатильності прогнозних даних шляхом розрахунку та порівняння отриманих даних (прогнозних трендів) та значень середніх помилок.

Прогнозування конкурентоспроможності дає можливість створення прогностичного сценарію розвитку як факторів конкурентоспроможності, її складових, так і об'єкту дослідження загалом. Проте використання інструментів прогнозування вимагає врахування нюансів: особливості використання програмних засобів, перевірка прогнозу за допомогою розрахунку стандартних помилок тощо.

Мета статті – дослідження умов використання та розшифрування отриманих даних прогнозування за допомогою штучних інтелектуальних мереж при вивченні конкурентоспроможності регіону.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Конкурентоспроможність регіону, маючи динамічний та мінливий характер розвитку та зміни, який залежить від стану не лише внутрішньої системи, а й великої кількості зовнішніх факторів, є складною задачею у прогнозуванні. Складність оцінювання та врахування великої кількості факторів, що мають вплив на конкурентоспроможність регіону чинить вирішальну роль при обранні методів дослідження цього явища, в тому числі і методів прогнозування. Використання методу нейронного програмування при здійсненні прогнозування має значні переваги перед іншими методами, оскільки основна особливість нейронної мережі – це те, що вона набуває стійкості до помилок, які можуть виникати в процесі оброблення інформації.

Нейронні мережі не програмуються у звичному змісті цього слова, вони навчаються. Можливість навчання – одне з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами [9]. Обчислювальна потужність мережі, завдання, які вона може вирішити, встановлюються точно за допомогою нейронних зв'язків. Навчання нейронної мережі – це процес встановлення їх, щоб поведінка мережі була максимально близькою до бажаної або цілеспрямованої поведінки [10].

В процесі дослідження використано припущення, що одним з показників конкурентоспроможності регіону, за яким можна здійснювати оцінювання та порівняння конкурентоспроможності регіонів, є валовий регіональний продукт. Валовий регіональний продукт (ВРП), маючи непросту методику обчислення, є узагальнюючим показником, являє собою суму валової доданої вартості усіх видів економічної діяльності. Динаміку зміни ВРП в розрахунку на 1 особу зображено на

рис. 1. Для проведення обчислення обрано ВРП на 1 особу Одеського регіону.

На рис. 1 зображено тренд, що має тенденцію до збільшення, що обумовлено декількома факторами, серед них: інфляційні процеси з одного боку та підвищення соціально-економічного розвитку регіону з іншого. Періодичність в цьому тренді відсутня, оскільки дані у нас щорічні, а не щомісячні.

Тестування моделі ШНМ (штучних нейронних мереж) здійснюється за допомогою програмного забезпечення автоматично. Система надає результати тестування у вигляді таблиці та рисунку (див. табл. 1 та рис. 2).

Архітектура нейрону зазначена в таблиці відповідно наступним параметрам: 4 ШНМ – Багатошаровий перцептрон с 1 вхідним нейроном, 9 прихованим та 1 вихідним. Продуктивність навчання – величина кореляції між вихідним рядом та передбаченим, чим ближче до 1 – тим

кращий є прогноз. За нашими даними продуктивність навчання є високою. Тестова продуктивність є величиною кореляції між вихідним рядом та передбаченим, чим менша різниця з продуктивністю навчання – тим адекватніша модель. За нашими даними тестова продуктивність є високою. В якості алгоритму навчання використовується алгоритм Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно.

Проведене тестування – є стандартним етапом програмування штучної нейронної мережі. Програма надає результати на екран (див. рис. 2).

На рис. 2 зображено тренувальний тест програми в якості діаграми розподілу залишків. На рис. 3 зображено діаграма розсіювання цільових та вихідних значень.

На представленому графіку (рис. 3) зображено, що більшість точок лежить близько до прямої. Поодинокі ж викиди можна пояснити різними стрибками серед вхідних даних. Наступним

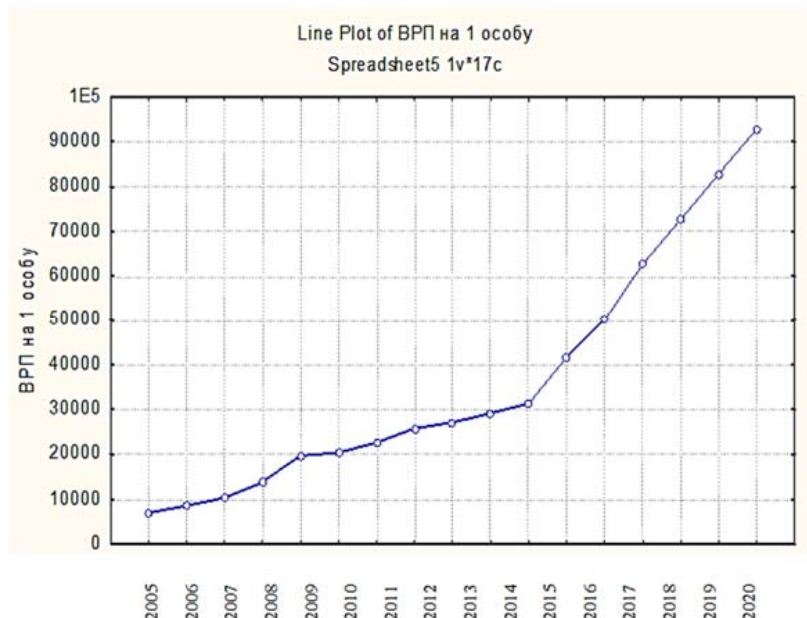


Рис. 1. Вихідні дані ВРП на 1 особу Одеського регіону 2005–2020 рр., млн. грн.

Джерело: побудовано автором за даними Державної служби статистики

Таблиця 1

Тестування моделі ШНМ

№ п/п	Архітектура нейрону	Продуктивність навчання	Тестова продуктивність	Помилка навчання	Тестова помилка	Алгоритм навчання	Функція помилки	Функція активації прихованих нейронів	Функція активації вихідних нейронів
1	RBF 1-6-1	0,984318	0,999996	0,000884	0,009691	RBFT	SOS	Gaussian	Identity
2	RBF 1-6-1	0,984318	0,999996	0,000884	0,009691	RBFT	SOS	Gaussian	Identity
3	RBF 1-6-1	0,984318	0,999996	0,000884	0,009691	RBFT	SOS	Gaussian	Identity
4	MLP 1-4-1	0,989117	0,999995	0,000502	0,000062	BFGS 10	SOS	Logistic	Identity
5	RBF 1-6-1	0,984318	0,999996	0,000884	0,009691	RBFT	SOS	Gaussian	Identity

Джерело: розраховано автором

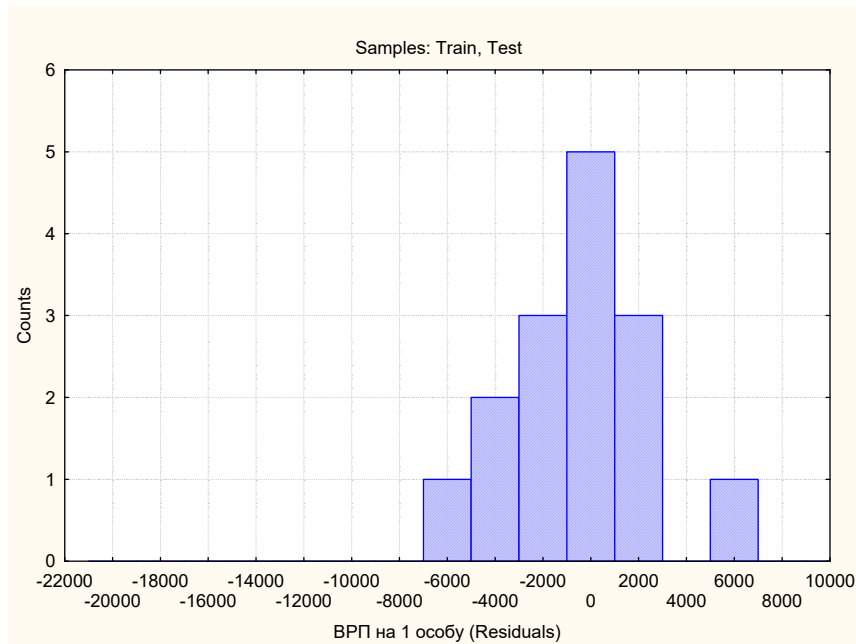


Рис. 2. Тренувальний тест програми

Джерело: розраховано автором

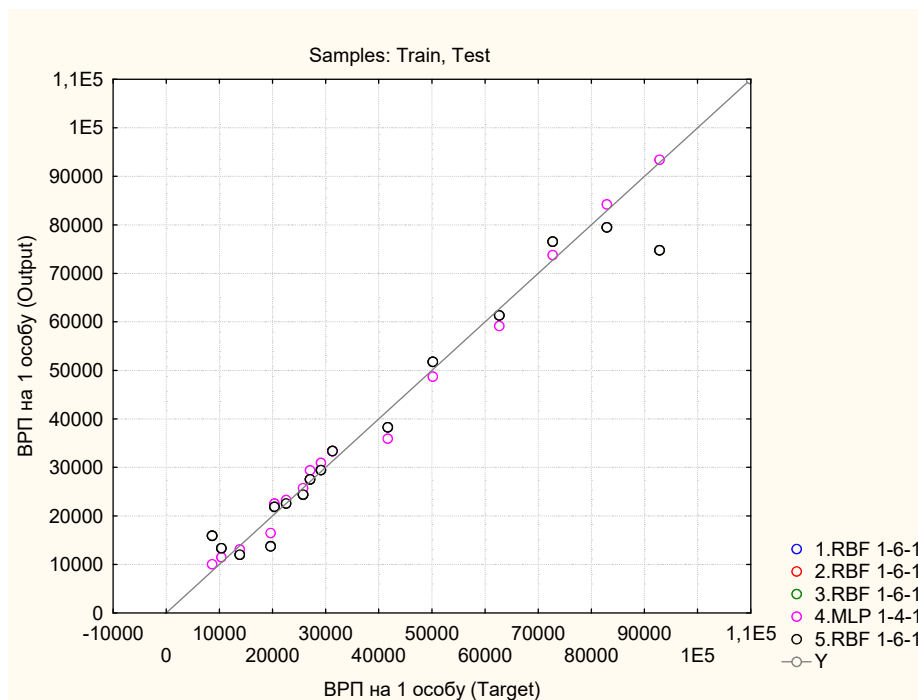


Рис. 3. Розсіювання діаграм цільових та вихідних значень

Джерело: розраховано автором

кроком оцінюємо якість прогнозування вихідного часового ряду отриманими ШНМ (рис. 4)

На рисунку 4 синім кольором зображено вихідний ряд та передбачувані ряди для кожної моделі (всіх ШНМ). Надалі для побудування прогнозу будемо використовувати дані ШНМ 4 та 5. Спроекуємо прогноз з використання цих мереж (див. табл. 2).

Результати прогнозу зображено на рис. 5. На новому графіку зображено вихідні дані (синя лінія), прогнозне значення ШНМ 4 (червона лінія) та ШНМ 5 (зелена лінія), а також графік усереднених значень (рожева лінія). Як бачимо, всі прогнозні лінії близькі до вихідного ряду. Отримані прогнозні значення ШНМ 4 та ШНМ 5 можна інтерпретувати як оптимістичний та песимістич-

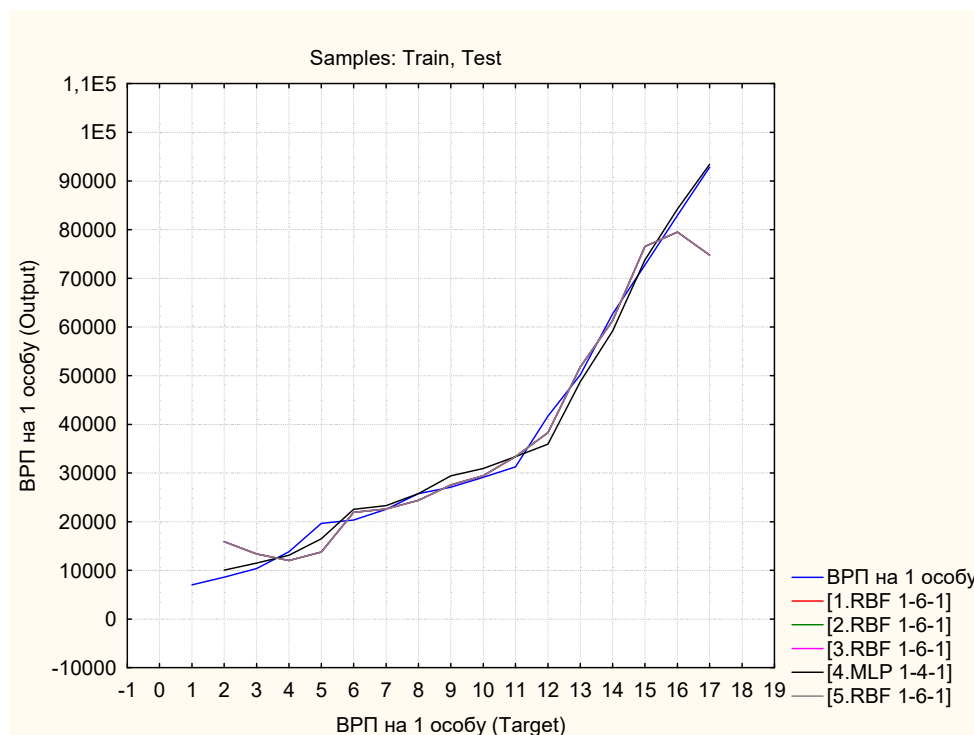


Рис. 4. Вихідні дані та результати прогнозування ШНМ, млн грн

Джерело: розраховано автором

Таблиця 2

Прогноз ВРП на 1 особу Одеського регіону з використанням ШНМ, млн. грн

Рік	Вихідні дані	Прогнозування за допомогою ШНМ 4	Прогнозування за допомогою ШНМ 5	Середнє значення прогнозування
2004	7023,00			
2005	8619,00	10041,83	15913,26	12977,54
2006	10379,00	11480,58	13362,51	12421,55
2007	13827,00	13117,30	12004,59	12560,94
2008	19638,00	16471,81	13758,03	15114,92
2009	20341,00	22539,47	21900,64	22220,05
2010	22544,00	23305,93	22590,15	22948,04
2011	25748,00	25748,95	24386,85	25067,90
2012	27070,00	29404,31	27532,91	28468,61
2013	29118,00	30944,16	29461,72	30202,94
2014	31268,00	33361,67	33387,11	33374,39
2015	41682,00	35936,29	38290,89	37113,59
2016	50159,00	48729,04	51791,31	50260,18
2017	62701,00	59158,51	61339,04	60248,78
2018	72738,00	73769,07	76555,65	75162,36
2019	82903,00	84225,16	79490,00	81857,58
2020	92823,00	93412,70	74771,10	84091,90
2021*		86180,03	78987,75	82583,89
2022*		90048,57	77133,75	83591,16
2023*		88378,80	78063,60	83221,20
2024*		89222,39	77616,72	83419,56

* - прогнозні дані

Джерело: розраховано автором

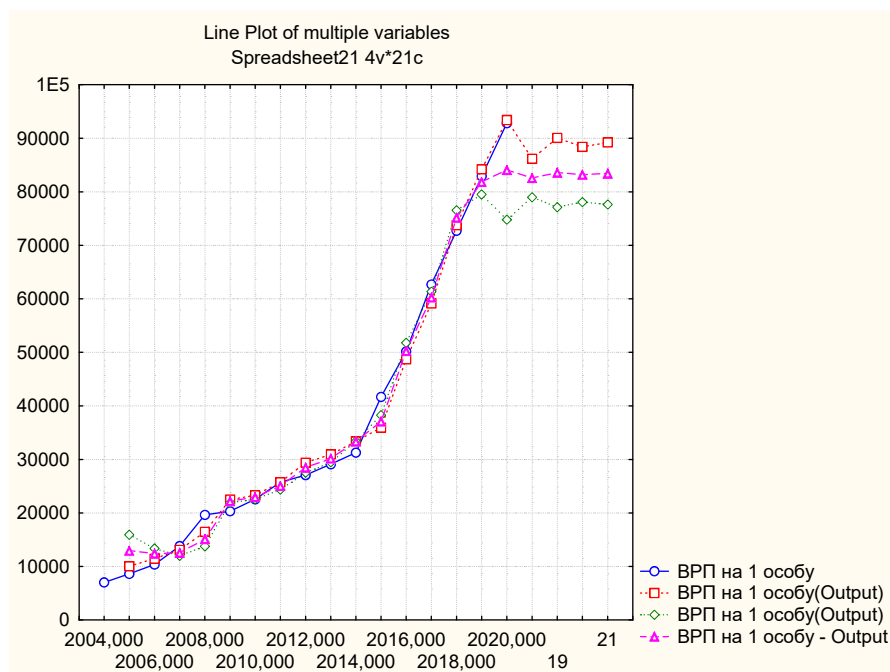


Рис. 5. Результати прогнозування ШНМ

Джерело: розраховано автором

ний прогноз відповідно. Нейронні мережі будуть кращими, коли існує багато вхідних даних. У цьому випадку майже автоматично можете враховувати різні нелінійні взаємодії між показниками, що характеризують такі дані [11]. Це особливо важливо в процесі дослідження конкурентоспроможності та її елементів, побудови прогнозних значень для системи показників регіонів в процесі стратегічного управління.

Висновки з проведеного дослідження.

Таким чином, запропонований метод прогнозування показників конкурентоспроможності регіону за допомогою нейронних мереж дозволяє

здійснити тестування, отримати декілька прогнозних результатів та здійснити їх оцінювання результатів прогнозування за допомогою обчислення середньої помилки. Порівняння отриманих значень розрахованої середньої помилки дозволяє обрати результат прогнозування, який є найбільш прийнятним та можливим для подальшого використання. Врахування значень прогнозних показників конкурентоспроможності регіону є необхідним при плануванні стратегії розвитку регіону, коли при обранні стратегічних пріоритетів та ініціатив робиться наголос на досягненні прогнозних значень «маркерів» стратегії.

Список використаних джерел:

1. Gudz P., Gudz M., Vdovichen O., Tkalenko O. Scientific Approaches for Planning the Architecture for Urban Economic Space. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 73. 2020.
2. Gudz, P., Oliinyk, Y., Shkurupska, I., Ivanchenkov, V., Petrenko, O., Vlasenko, Y. Formation of foreign economic potential of the region as a factor of competitive development of the territory. *International Journal of Management*. 2020. Vol. 11. Issue 5. P. 590–601.
3. Назаров М.І. Методичні підходи до оцінки конкурентоспроможності регіону. С. 91–95. URL: www.economy.in.ua.
4. Антонюк Л.Л. Міжнародна конкурентоспроможність країн: теорія та механізм реалізації: монографія. Київ : КНЕУ, 2004. 275 с.
5. Vrtenova L. Evaluation of factors of Regional Competitiveness. 3rd central European Conference in Regional Science. CERS. 2009. P. 1404–1414.
6. Paas T. Evaluating the competitiveness of the countries in the Baltic Sea region. P. 19–54.
7. Martin, R. A Study on the Factors of Regional Competitiveness. A final Report for the European Commission. 2003. URL: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/3cr/competitiveness.pdf.
8. Akos Dani. Evaluation of the Regional Competitiveness of the Hungarian Regions. *Hungarian Statistical Review*. Special Number 14. P. 27–45.

9. Прогнозування за допомогою нейронних мереж. URL: <https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9F%D1%80%D0%>.
10. Омаров М.А., Мурадова В.Х. Модель прогнозирования поведения студента на основе нейронных сетей <https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/4193/1/%D0%9D%D0%8.pdf>.
11. Малишенко К.А., Анашкина М.В., Использование нейросетей для целей прогнозирования фондового рынка. *Ефективна економіка*. 2014. № 2.

References:

1. Gudz P., Gudz M., Vdovichena O., Tkalenko O. (2020) Scientific Approaches for Planning the Architecture for Urban Economic Space. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 73. [in English]
2. Gudz, P., Oliinyk, Y., Shkurupska, I., Ivanchenkov, V., Petrenko, O., Vlasenko, Y. (2020) Formation of foreign economic potential of the region as a factor of competitive development of the territory. *International Journal of Management*. Vol. 11, Issue 5, pp. 590–601. [in English]
3. Nazarov, M.I. Metodichni pidhodi do otsinki konkurentospromozhnosti regionu [Methodical approaches to assessing the competitiveness of the region]. P. 91–95 (accessed 03.08.2022).
4. Antonyuk, L.L. (2004) Mizhnarodna konkurentospromozhnist krayin: teoriya ta mehanizm realizatsiyi [International competitiveness of countries: theory and implementation mechanism]. Monograph. Kyiv: KNEU. 275 p.
5. Vrtenova L. (2009) Evaluation of factors of Regional Competitiveness. 3rd central European Conference in Regional Science. CERS. P. 1404–1414.
6. Paas T. Evaluating the competitiveness of the countries in the Baltic sea region. P. 19–54.
7. Martin, R. A (2003) Study on the Factors of Regional Competitiveness. A final Report for the European Commission. Available at: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/3cr/competitiveness.pdf.
8. Akos Dani. Evaluation of the Regional Competitiveness of the Hungarian Regions. *Hungarian Statistical Review*. Special Number 14. P. 27–45.
9. Forecasting for the pre -native of neuro-melting. Prohnozuvannia za dopomohoiu neuronnykh merezh Available at: <https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9F%D1%80%D0%> (accessed: 21.11.2022).
10. Omarov M.A., Muradova V.Kh. Modeling Modeling Student behavior based on neural networks [Model prohnozyrovanyia povedenya studenta na osnove neuronnykh setei]. Available at: <https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/4193/1/%D0%9D%D0%8.pdf> (accessed 11.11.2022).