

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-49-07>

УДК 004.93

Левицька Тетяна Олександрівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-3359-1313>

Герасимов Дмитро, магістр

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь/Дніпро, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ РЯДІВ ФІНАНСОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОШАРОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Левицька Т.О., Герасимов Д.С. Прогнозування тимчасових рядів фінансових показників за допомогою багатошарової нейронної мережі. Робота присвячена моделюванню багатошарової нейронної мережі для прогнозування обсягів продажу груп товарів. Наведено аналіз публікацій про використання нейронних мереж в сфері прогнозування фінансових показників. Описано розроблене програмне забезпечення для проведення моделювання багатошарової нейронної мережі та подальшого прогнозування. Приведено приклади аналізу тимчасового ряду та формування на його основі прогнозу за допомогою двохшарової нейронної мережі.

Ключові слова: багатошарова нейрона мережа, прогнозування обсягу продажів, інформаційна система прогнозування

Levitskaya T.O., Herasymov D.S. Forecasting time series of financial indicators using a multilayer neural network. The work is devoted to modeling a multilayer neural network for forecasting sales volumes of product groups. An analysis of publications on the use of neural networks in the field of forecasting financial indicators is presented. The developed software for modeling a multilayer neural network and further forecasting is described. Examples of time series analysis and the formation of a forecast based on it using a two-layer neural network are given.

Keywords: multilayer neural network, sales volume forecasting, forecasting information system

Постановка проблеми. Сучасний процес управління неможливий без урахування маркетингових закономірностей в умовах діяльності будь-якої організації або підприємства. Обмеженість ринку збуту змушує організації швидко адаптуватися до змін довкілля, що стає важливою конкурентною перевагою підприємств, галузей, окремих регіонів і навіть країн [1-3]. Тому будь яка організація або підприємство має одну з основних цілей – це встановлення максимально можливої пропорційності та плановірності у своїй діяльності. Для цього необхідно потрібне всеосяжне і продумане планування та прогнозування діяльності. Найпоширеніша діяльність – це продажі. Прогнозування обсягу продажів – важлива система, що дозволяє планування та управління торговим підприємством. За обсягом товарообігу можна будувати висновки про значимості підприємства на споживчому ринку. Попит – це потреба ринку, яка не обмежена можливостями робочої сили та технологічними потужностями підприємства.

Будь яке підприємство має у своєму розпорядженні інформацію за попередніми значеннями показників продажів та попиту. Тому можливо аналізувати дані минулих періодів і будувати прогнозні значення на майбутні зміни попиту. Прогнозування продажів розглядається як план попиту цільового ринку галузі з накладеними обмеженнями підприємства. Для цього оцінюється товарообіг – економічний показник господарської діяльності торговельного підприємства, що відображає суму продажів у грошах за певний період часу [1-3]. Такі дані описуються тимчасовими рядами, тобто послідовністю значень деяких величин, отриманих у певні моменти часу. Тимчасовий ряд включає два обов'язкові елементи – позначку часу і значення показника ряду, отримане тим чи іншим способом і відповідне зазначеній відмітці часу. Аналіз тимчасових рядів дозволяє вивчити показники у часі. Мета аналізу тимчасових рядів – витягти з цього ряду корисну інформацію, а для цього необхідно побудувати математичну модель процесу. Результатом дослідження прийнято вважати не точний прогноз, а прогноз тенденції розвитку часового ряду [1-3].

Одним з сучасних математичних методів опрацювання тимчасових рядів є апарат штучних нейронних мереж. Нейронні мережі дають додаткові можливості у моделюванні нелінійних явищ та розпізнаванні хаотичної поведінки [4-6]. Найбільш цінна властивість нейронних мереж – здатність навчатися на безлічі вхідних параметрів у тих випадках, коли невідомі закономірності та залежності між вхідними та вихідними даними. В такому разі к ним можна віднести до 80% завдань фінансового аналізу. Таким чином, для прогнозування зміни попиту товару чи послуги для навчання нейронної мережі достатньо подати реальні дані щодо ринку за різні періоди, а потім отримати прогнозоване значення.

Не дивлячись на те, що нейронні мережі добре себе зарекомендували, в даний час не має стандартних методів їх застосування. У нейронній мережі численні чинники взаємодіють дуже складним чином, тому в залежності від галузі застосування необхідно проводити моделювання - евристичний підхід підбору характеристик штучної нейронної мережі. Потрібно правильно вибрати число та вид показників, що характеризують процес. Після цього потрібно вибрати архітектуру мережі. Для використання нейронних мереж з прямим зв'язком необхідно визначити кількість прихованих елементів. Надалі, для знаходження параметрів моделі вибирають критерій помилки та навчальний алгоритм. Потім необхідно використати аналіз та перевірити різні налаштування моделі. Зрештою, необхідно інтерпретувати вихідну інформацію [1-3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний стан публікацій щодо використання нейронних мереж для прогнозування економічних показників наступний. В роботі [18] автори провели дослідження для побудови прогнозної нейромережевої моделі для визначення динаміки ризику використання банківських установ для легалізації кримінальних коштів. Для дослідження використали багатошаровий перцептрон MLP-архітектури з використанням алгоритму BFGS, радіальна базисна функція RBF-архітектури з використанням алгоритму RBFT. Результати моделювання отримано успішні – коефіцієнт ефективності отримано в межах 0,9–1,0.

Автори роботи [19] провели порівняльний аналіз методу нейронних вимірів та методу сезонної декомпозиції часового ряду на прикладі по прогнозу обсягів продаж філії корпорації «Рошен» в Черновецькій області. Визначено переваги та недоліки використання нейронної мережі. Але зазначено, що «є нейронні мережі є потужним методом моделювання, який дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності».

В дослідженні [20] побудовано прогноз індексу цін на ринку нерухомості на основі застосування моделі ARIMA і нейромережі. Автори порівняли точність прогнозування: сума абсолютних та відносних помилок при прогнозуванні по нейромережі значно менше похибки, що отримується при здійсненні прогнозів за допомогою ARIMA-моделі. На думку авторів, це обумовлено тим, що нейронні мережі розраховані на застосування до рядів зі складною та нелінійною структурою ряду, тоді як модель ARIMA Бокса-Дженкінса призначена для роботи з рядами, що мають більш помітні структурні закономірності.

Стаття [21] також присвячена питанням моделювання нейронних мереж в галузі житлової нерухомості. Автори моделюють багатошарову нейронну мережу та підбирають необхідні показники для вирішення задачі оцінки ринкової вартості житла. Результати моделювання автори пропонують впровадити у систему підтримки прийняття рішень, що дозволить підвищити ефективність процесу оцінки об'єктів.

Робота [23] присвячена обґрунтуванню нейронних мереж як методу прогнозування валютних курсів. Автором вирішено, що нейронні мережі здатні оцінювати динаміку та нелінійність фінансових даних краще, ніж інші відомі методи. Представлені експериментальні результати це підтверджують. Зокрема, як модель нейронної мережі автор використовує багатошаровий перцептрон з одним прихованим шаром. Прогнозування реалізовано за допомогою одноетапного підходу, коли перцептрон перенавчається на кожному кроці експерименту. Досягнутий рівень точності є прийнятним для розробки заходів для управління валютний ризик.

Питанню прогнозування тимчасових рядів фінансової галузі також присвячено інші роботи. Робота [23] присвячена також обґрунтуванню доцільності використання штучних нейронних мереж. Авторами описано проблеми традиційних та класичних систем моделювання прогнозів, теорії нейромереж, питання вдосконалення методів аналізу та збільшення точності прогнозів фондових ринків, моделювання прогнозування фондових ринків з використанням нейронної мережі. Описано наукове обґрунтування методів застосування моделювання прогнозів на прикладі задачі прогнозування динаміки цін на фондовому ринку.

Робота [24] описує добре застосування штучних нейронних мереж для оцінки банкрутства банків, на прикладі банків України. У статті [25] досліджено можливість використання штучних нейронних мереж для прогнозування логістичних витрат. Розглянуто прогнозування на основі інформації попередніх періодів. Автор пропонує використовувати тришарову нейронну мережу прямого зв'язку з навчанням за алгоритмом зворотного поширення. Визначено оптимальну конфігурацію нейронної мережі для використання щомісячної інформації про логістичні витрати. У статті наголошується на актуальності використання підходу на різноманітних машинобудівних підприємствах.

В роботі [26] автори показали актуальність використання нейронних мереж як способу моделювання економічних процесів. Описали стан існуючих програмних засобів для роботи з
© Левицька Т.О., Герасимов Д.С.

нейромережами. Визначили, що «застосування нейронних мереж є досить потужним методом прогнозування, який дозволяє відтворювати досить складні залежності.»

В статті [27] запропоновано використання штучних нейронних мереж для прогнозування ємності фармацевтичного ринку. Автори розробили трьохшарову нейронну мережу з прямою передачею сигналів та показали результати її роботи на прикладі обсягів продажів антигельмінтних лікарських препаратів. Отримані результати мають досить високу точність. Тому автори вважають використання методів нейронних мереж доцільним в галузі фармацевтичного ринку.

Таким чином, аналіз публікацій показав, що прогнозування обсягів продажів в різних галузях з використанням багатошарових нейронних мереж для є ефективним, але передбачає моделювання та налаштування для конкретного завдання.

Метою даної роботи є дослідження і моделювання багатошарової нейронної мережі для прогнозування обсягу продажів для груп товарів.

Виклад основного матеріалу. Дані, що подаються на вхід нейромережі, повинні попередньо оброблятися з метою отримання якісного процесу навчання та відповідно якісних прогнозних значень вихідних змінних. Для проведення дослідження обрано дані обсягу продажів товарів за період з квітня 2021 року по червень 2022 року. Товари сформовано за групами, усього 15 груп товарів. На кожен день з цього періоду маємо обсяг продажів для кожної групи товару. Н рисунку 1 показано приклад розподілу обсягу товарів за кожним днем місяця. Кожен ряд (лінія) відповідає одній групі товару.



Рисунок 1 – Приклад розподілу обсягу продажу товарів за місяць

З аналізу місячних даних визначено, що є закономірність продажів, що пов'язані з вихідними днями. Тому треба враховувати тип дня для подальшого прогнозування. Оскільки має вплив вихідний день, то святковий день теж треба враховувати.

На рисунку 2 показано фрагмент динаміки продажів за період. Поглянувши на графік можна побачити, що пік продажів посідає на грудень порівняно з іншими місяцями. Аналіз даних за період з квітня 2021 року по червень 2022 року показав зміни в обсягу продажів в залежності від місяця.

Тому треба також враховувати місяць, як вхідний параметр для моделювання нейронної мережі.

На рисунку 2 також видно, що данні мають деякі екстремальні значення. Їх треба виділити для покращення майбутнього прогнозу. Таким чином, при моделюванні нейронної мережі на вхід буде подаватись: значення обсягу продажі групи товарів; день; місяць; тиждень; тип дня (звичайний або ні). Значення дати складно подати на вхід нейронної мережі тому замість нього враховується тиждень для визначення порядкового дня. Значення місяця можна подат числовим значенням від 1 до 12. Значення дня – це порядкове значення у тиждні. Тип дня можна кодувати 1 чи 0. Але усі данні будуть в програмі нормалізовано до шкали [0..1].

Для моделювання багатошарової нейронної мережі та подальшого прогнозування обсягів продажу товарів за групами було розроблено програмне забезпечення. Головне вікно програми та вікно налаштування параметрів нейронної мережі показано на рисунку 3.



Рисунок 2 – Фрагмент динаміки обсягу продажів за період

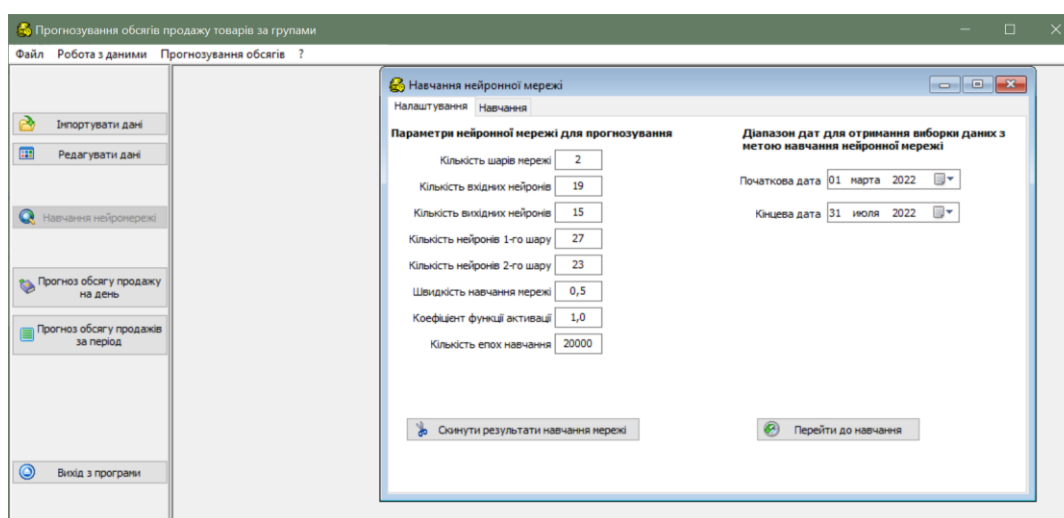


Рисунок 3 – Діаграма розсіювання після навчання.

Програмне забезпечення дозволяє завантажувати нові данні на основі тимчасових рядів продажів організації з розбивкою по днях для подальшого прогнозування; редагувати дані у системі; налаштовувати параметри нейрононої мережі (кількість шарів, кількість входів, кількість виходів тощо); надавати прогнозування обсягів продажу товарів і з урахуванням об'єднань різних груп товарів на день або на необхідний період; надавати отриману інформацію в наочному вигляді; зберігати результати прогнозування у окремий файл.

Для обраного набору вхідних даних було проведено моделювання нейронної мережі та обрання її характеристик. Оскільки немає чітких правил ні для вибору кількості прихованих шарів, ні для вибору кількості нейронів в них. Цей процес має евристичний характер тому поперше експерименти присвячені обранню архітектури багатошарової нейронної мережі. З аналізу публікацій визначено, що для прогнозування числових рядів достатньо використовувати 2 прихованих шара. Треба визначити скільки нейронів необхідно у кожному шарі. Їх не буде менш ніж початкових входів (19) тому можна почати з 21, а далі оцінювати помилку навчання. Щоб не перебирати усі значення перебирали з кроком 2. Кількість нейронів другого шару зазвичай не перевищує кількість першого шару, тому не перебирали їх значення більше ніж у першому шарі.

Результати наведено на рисунку 4, на якому стовбці відповідають кількості нейронів, а лінія показує зміну помилки. Аналіз даних показав, що однакова кількість нейронів у прихованих шарах недоцільна. Також за результатами експерименту визначено декілька наборів, які можна обрати для подальшого дослідження: перший шар -27, другий - 25; перший шар -31, другий - 25; перший шар -31, другий - 27.

На вплив навчання нейронної мережі також має кількість епох навчання. Тому другий експеримент призначено підбору цього параметру. При кількості епох навчання 2000 усі набори показали гарні результати. Коли визначено оптимальні параметри нейронної мережі можна виконувати прогнозування. Приклад формування прогнозу показано на рисунку 5.

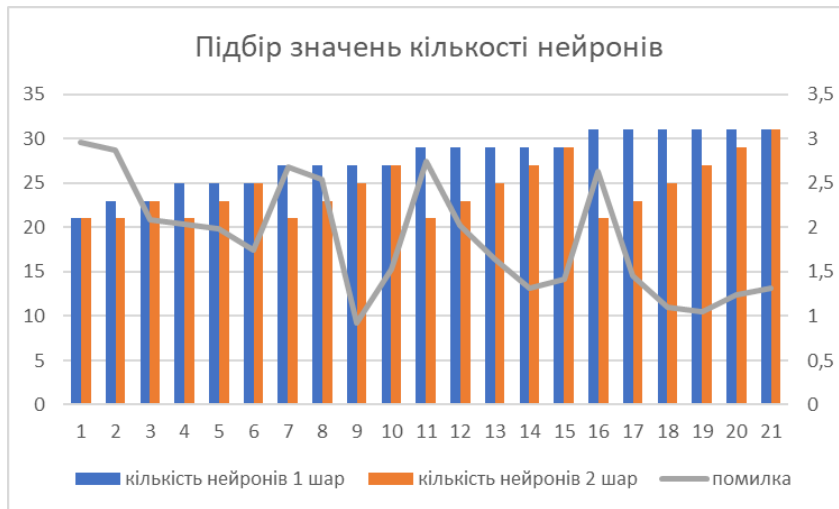


Рисунок 4 – Підбір значень кількості нейронів

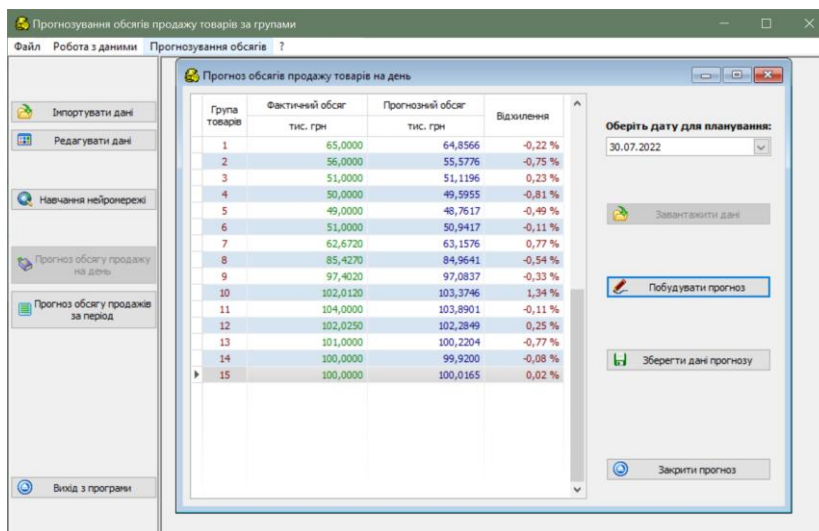


Рисунок 5 – Вікно «Прогноз обсягу продажу на день»

Висновки та напрямок подальших досліджень. Штучні нейронні мережі з успіхом справляються з вирішенням завдання та побудови прогнозів, тому що досліджувані між собою дані з вхідними та вихідними значеннями пов'язані на рівні абстракції та відсутня строга класифікація аналізованої моделі. Важлива відмінна особливість застосування нейронних мереж у вирішенні завдання прогнозування це створення власної, наперед невідомої моделі на підставі наданих даних.

В роботі запропоновано програмне забезпечення, що забезпечує ретельне дослідження обробки послідовності з акцентом на прогнозуванні часових рядів обсягів продаж із використанням моделі багатошарової нейронної мережі з двома прихованими шарами.

Розроблена інформаційна система є корисним інструментом для будь-якого спеціаліста в галузі маркетингу, який використовує послідовності та хоче передбачити подальші значення часового ряду. Розроблену інформаційну систему можна використовувати у таких сферах як фінанси, економіка, сільське господарство, прогнозування погоди.

Використання система прогнозування продажів суттєво спростить бізнес-процеси організації та дозволить внести коригування у складання плану закупівель щодо сезонності товару та залишків від продажу попереднього періоду.

Список бібліографічного опису

1. Дема Д.І. Фінансовий ринок : навч. посіб. / Житомир : ЖНАЕУ, 2017. 448 с.
2. Мних С. В. Економічний аналіз: підруч. / Київ: Знання, 2011. 630 с.
3. Бачевський Б. Є. Потенціал і розвиток підприємства: навч. посіб. / Київ: Центр учбової літератури, 2009. 400 с.
4. Субботін С. О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб.– Житомир: Вид. О.О.Євенок, 2020. – 184 с.
5. Тимошук П. В. Штучні нейронні мережі Навчальний посібник.// Львів: Видавництво Львівської політехніки. – 2011. – 444 с.
6. Леонов, С., Кузьменко, О., Боженко, В., Мурсалов, М. Прогнозування ризику використання фінансових посередників для легалізації кримінальних доходів. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 4(35), 2021. С. 191–201. <https://doi.org/10.18371/fcaptr.v4i35.222015>
7. Лукьянова В.В., Мацюк Н.О., Порівняння методу нейронних мереж і методу декомпозиції часових рядів у прогнозуванні обсягів продажу торговельного підприємства. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Випуск 623-626. *Економіка*. С. 332-338.
8. Горчакова И. А., Ворваровская Н. Н. Прогнозирование индекса цен на рынке недвижимости средствами ARIMA-модели и нейронных сетей. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2010. №4. С. 74–86.
9. Левицька Т. А., Железов Д. А. Моделирование нейронных сетей для оценки рыночной стоимости объекта жилой недвижимости. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2020. № 41. С. 59-64.
10. Галешук С. Штучні нейронні мережі у прогнозуванні валютного ринку. *Вісник Київського національного торговельно-економічного університету*. 2016. Випуск № 3. С. 101–114.
11. Левицька Т.А., Романов К.Г. Моделирование прогнозування фондових ринків з використанням нейромереж. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. Серія: Технічні науки. 2017. Випуск 35. С. 226-230.
12. Гадетька З. М. Оцінка ризику банкрутства банків України сучасним методом штучних нейронних мереж. *Економіка і суспільство*. 2019. Випуск № 20. С. 753-761.
13. Ковшик В. І. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування логістичних витрат машинобудівних підприємств. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. – Дніпро : ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2016. № 4. С. 430–435.
14. Ставицький О. В., Мозолівська М. О. Використання нейронних мереж для прогнозування у фінансовій сфері. *Актуальні проблеми економіки та управління*. 2017. №19. С. 35–42.
15. Мнушко М., Попова Ю. В., Тіманюк І. В.. Багатошарова штучна нейронна мережа в прогнозуванні ємності фармацевтичного ринку. *Клиническая информатика и телемедицина*. 2009. Т. 5, Випуск 6. С. 69-74.

References

1. Dema D.I. Financial market: education. manual / Zhytomyr: ZhNAEU, 2017. 448 p.
2. Mnykh E.V. Economic analysis: in hand. / Kyiv: Znannia, 2011. 630 p.
3. Bachevskiy B. E. The potential and development of the enterprise: education. manual / Kyiv: Center for Educational Literature, 2009. 400 p.
4. Subbotin S. O. Neural networks: theory and practice: teaching. guide.– Zhytomyr: Ed. O.O. Evenok, 2020. - 184 p.
5. Tymoshchuk P. V. Artificial neural networks Study guide.// Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic. - 2011. - 444 p.
6. Lyeonov S., Kuzmenko O., Bozhenko V., Mursalov M., Zeynalov Z., Huseynova A. Forecasting the risk of money laundering through financial intermediaries. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 4(35), 2021. pp. 191–201. <https://doi.org/10.18371/fcaptr.v4i35.222015>
7. Lukyanova V., Matsiuk N. Comparison of neural networks and time-series decomposition method for sales forecasting trading company. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*. 2012. No.623-626. Pp. С. 332-338.
8. Gorchakova I. A., Vorvarovskaya N. N. Forecasting the price index in the real estate market using the ARIMA model and neural networks. *Bulletin of Khmelnytsky National University*. 2010. №4. pp. 74–86.
9. Levitskaya T.A., Zhelezov D.A. Modeling neural networks for assessing the market value of a residential property. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2020. No 41. pp. 59-64
10. Galeshchuk S. Pieces of neural networks in forecasting the currency market. *Bulletin of the Kiev National Trade and Economic University*. 2016. Issue No. 3. P. 101–114
11. Levitskaya T.A., Romanov K.G. Modelling stock markets forecasting using neural networks. No. 35 2017: Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences (2017). No 35. Pp 226-230
12. Gadetska Z. Assessment of risk of bankruptcy of banks of ukraine by a modern method of artificial neural networks. *Economy and Society*, 2019. No 20. pp. 753-761.
13. Kovshik V.I. Selection of piece-wise neural networks for predicting the logistics of machine business enterprises. *Skhidna Evropa: economy, business and management*. – Dnipro: DVNZ “Pridniprovskaya State Academy of Life and Architecture”. 2016. No. 4. pp. 430–435.
14. Stavitsky O. V., Mozolevska M. O. Using neural for forecasting in the financial sector. *Actual problems of economy and management*. 2017. No. 19. pp. 35–42.
15. Mnushko Z. M., Popova Yu. V., Timanyuk I. V. Multi-layer artificial neural network in predicting the capacity of the pharmaceutical market. *Clinical informatics and telemedicine*./ 2009. Т. 5, No 6. pp. 69-74.