

Лопатін А. О., аспірант, Чорноморський Національний Університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна

ORCID ID: 0000-0002-2707-9033

e-mail: areterik@gmail.com

Застосування методів теорії наближених множин та нейронних мереж для оптимізації управління ланцюгами постачання

Анотація. У статті визначено підгалузі штучного інтелекту, які підходять для програм управління ланцюгами постачання, та охарактеризовано інші підгалузі з точки зору їх корисності для підвищення ефективності управління ланцюгами постачання. Синтезовано літературу, що стосується застосування теорії наближених множин та нейронних мереж до ланцюгів постачання, щодо їх практичних наслідків та технічних переваг. Узагальнено тенденції досліджень теорії наближених множин та нейронних мереж та визначено потенційні сфери їх застосування в управлінні ланцюгами постачання, які ще не були досліджені. Обґрунтовано майбутні перспективи щодо розширення наявної літератури про штучний інтелект та невикористаних дослідницьких тем для штучного інтелекту, що стосуються управління ланцюгами постачання (машинне навчання, генетичні алгоритми та інше).

Ключові слова: штучний інтелект; управління ланцюгами постачання; теорія наближених множин; штучні нейронні мережі.

Lopatin Artem, PhD-student of Petro Mohyla Black Sea National University

Use of Rough Set Theory and Neural Networks Methods in Supply Chain Management

Annotation. Introduction The decision to align a specific order with a supplier depends on a no of criteria. Generally the buyer's decision depends on his assessment of the supplier's ability to meet the criteria of quality, volume, terms of delivery, price and service. But to evaluate these criteria, the company needs to manage information from different sources through whole supply chain. One way to control may comprise artificial intelligence methods.

The main **purposes** of this article are to identify the AI subsectors that are most suitable for SCM programs, and characterize other subsectors in terms of their usefulness for improving SC performance. Synthesize the existing research on the appliance of rough set theory and neural networks methods touching SCM, on their practical implications and technical merits. Summarize research trends in rough set theory and neural networks methods and identify potential utilization of SCM that haven't yet been studied in Ukrainian science field. Justify future prospects for expanding existing AI literature and unused AI research in Ukrainian science field topics related to SCM.

Results The article identifies the sub-sectors of artificial intelligence that are most suitable for supply chain management programs, and describes other sub-sectors in terms of their usefulness for improving the efficiency of supply chain management. Synthesize the existing literature on the appliance of rough set theory and neural networks methods in supply chains, on their practical implications and technical merits. The tendencies of researches of rough set theory and neural networks methods are generalized and potential spheres of their appliance in management of supply chains which haven't been investigated yet are defined.

Conclusions. Despite the long history of AI, the potential of AI as a means of solving complex issues and finding info in the field of SC hasn't been fully used in the past especially in the Ukrainian scientific literature. In particular, some groups of AI technologies, such as expert systems and GAs, are increasingly used to solve management issues, including inventory management, procurement, location planning, shipment coordination between contractors, and routing / planning issues. Further study of the issue requires consideration of the use of other AI methods in supply chain management, such as fuzzy logic and agent modeling and recognition of their practical aspects.

Keywords: artificial intelligence; supply chain management; rough sets; artificial neural networks.

JEL Classification: R41, R49, O30.

Постановка проблеми. В епоху великої невизначеності попиту, високого ризику непостачання та підвищення конкурентоспроможності, досконалість ланцюга постачання (Supply chain management, SCM) часто залежить від здатності організації інтегрувати та упорядковувати весь спектр кінцевих процесів придбання матеріалів або компонентів, перетворюючи їх на готову продукцію та доставлення її покупцям. Оскільки така здатність може бути покращена шляхом посилення прозорості впродовж всього процесу SCM, багато провідних

організацій намагаються збагатити свої джерела інформації та обмінюватися інформацією в реальному часі з партнерами по SCM. Таким чином, управління SCM стає все більш залежним від інформації, і його фокус спрямований на заміну активів (наприклад, товарно-матеріальних цінностей, складів, транспортного обладнання) інформацією.

Визнаючи висхідну значущість інформації для успіху SCM, зарубіжні науковці та фахівці сфери SC дослідили різні способи для кращого управління інформацією та використання її для прийняття

кращих бізнес-рішень [3, 13, 21]. Один із таких способів може включати штучний інтелект (artificial intelligence, AI), який існував десятиліттями, але не був повністю використаний у сфері SCM. Окремими випадками технологій AI є використання теорії наближених множин та нейронних мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Використанню теорії наближених множин та нейронних мереж в економіці в цілому присвячено роботи таких українських вчених: В. Гриценко та І. Онищенко [22], О. Зернюк та С. Березинка [23], М. Мозолєвська О. та О. Ставицький [24], В. Новікова [25] та інших. При цьому саме застосування цих методів в управлінні ланцюгами постачання в цілому обмежується лише включенням їх до переліку інших методів без розкриття їх суті. Ряд закордонних вчених присвячували наукові роботи даній темі, а саме: С. Яковлев [22], Р. Zheng [21], J. Rohde [13], Н. Min [7], G. Luger [3] та інші.

Формулювання цілей дослідження. Основною метою дослідження є визначення секторів AI, що найбільше підходять для розв'язання конкретних задач SCM, узагальнити та синтезувати наявну літературу щодо тенденцій у дослідженні теорії наближених множин та нейронних мереж відносно SCM.

Основними завданнями цієї статті є:

– визначити підгалузі AI, які найбільш підходять для програм SCM, та схарактеризувати інші підгалузі з точки зору їх корисності для підвищення ефективності SC;

– синтезувати наявну літературу, що стосується застосувань теорії наближених множин та нейронних мереж до SCM, щодо їх практичних наслідків та технічних переваг;

– узагальнити тенденції досліджень теорії наближених множин та нейронних мереж та визначити потенційні сфери застосування SCM, які ще не були досліджені;

– обґрунтувати майбутні перспективи щодо розширення наявної літератури про AI та невикористаних дослідницьких тем для AI, що стосуються SCM.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Загалом AI називається використанням комп'ютерів з метою міркувань, розпізнавання зразків, вивчення чи розуміння певної поведінки з досвіду, набуття та збереження знань, а також розробки різних форм висновків для розв'язання проблем у ситуаціях прийняття рішень, а також досягнення цілей у ряді змінних обставин [1-5].

При цьому специфіка таких систем полягає у їх вузькій спеціалізації на певних задачах. Отже, AI повинен мати можливість вивчати та осмислювати

нові поняття, вчитися на досвіді ("самостійно"), виконувати міркування, робити висновки, присвоювати значення та інтерпретувати символи в контексті. Завдяки такій здатності AI успішно застосовується в таких сферах як ігри, семантичне моделювання, моделювання продуктивності людини, робототехніка, машинне навчання, обмін даними, нейронні мережі [2, 3].

До аналізу коректно розглянути статистику, що наводить Стенфордський університет у звіті Artificial Intelligence Index Report [6], посилаючись на аналітиків McKinsey & Company за 2019 рік, де приведено відсоткове відношення компаній-респондентів за 14 галузями економічної діяльності у Північній Америці, Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, Європі, Індії, Латинській Америці, Китаї та країнах MENA.

Виходячи з цих даних, найбільш розповсюдженим використанням AI (а саме методів машинного навчання) є в галузях високих технологій, телекомунікаційних компаніях та компаніях автомобільної промисловості, що наведено на рис. 1.

У сфері подорожей та логістиці процент компаній, що використовуює методи AI, становить лише 19 %, що нижче на 6 %, ніж середній показник.

Якщо розглядати SCM у цілому за усіма галузями, то в більшості випадків медіанне використання AI складає близько 16 відсотків [6].

Однією з областей потенційного застосування AI, яка ще не була достатньо досліджена, є нова філософія управління SCM, яка вимагає осмислення складних взаємопов'язаних процесів прийняття рішень та створення інтелектуальних баз знань, що мають вирішальне значення для розв'язання спільних проблем. Намагаючись синхронізувати ряд взаємопов'язаних, але різних етапів процесів спільного планування та прогнозування попиту в SC, Min та Yu [7] запропонували систему прогнозування на основі агентів, яка має можливість передбачити попит кінцевих клієнтів шляхом обміну інформацією між декількома SC партнери та вивчити досвід попереднього прогнозування.

Обсяг проблем можна класифікувати за трирівневою ієрархією прийняття рішень: стратегічні рішення, які стосуються довгострокових питань виконавчого рівня, таких як стратегічні альянси, розташування об'єкта та капітальні вкладення; тактичні рішення, які стосуються проміжних питань, середнього рівня менеджерів, таких як спільне планування попиту, підбір постачальників та планування запасів; оперативні рішення, які стосуються короткострокових, рутинних питань, таких як маршрутизація транспортного засобу, вибір замовлень та поточний підрахунок за циклом SC.

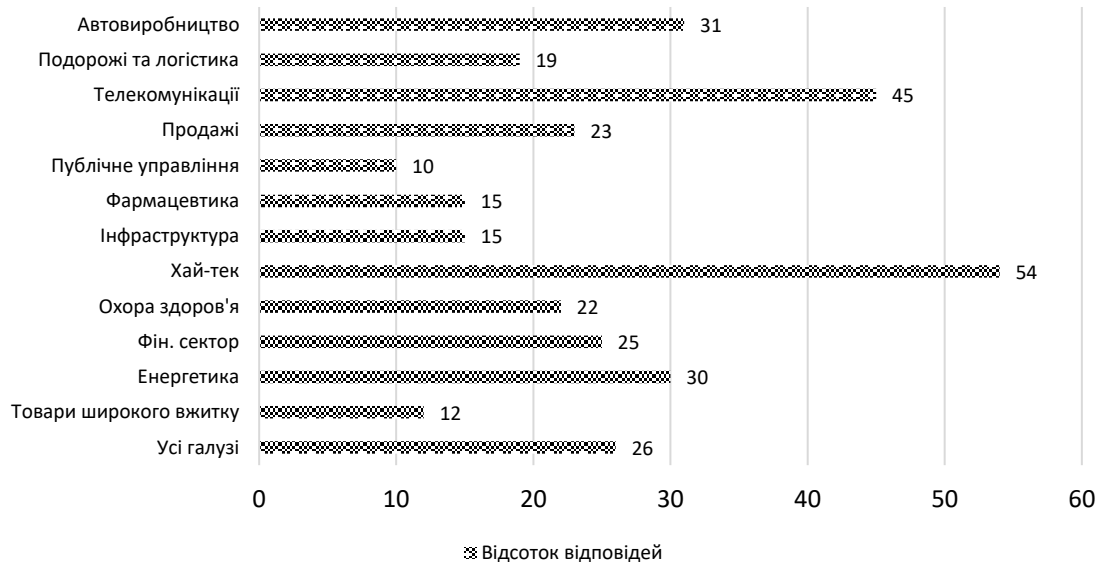


Рисунок 1 – Використання AI у існуючих бізнес-процесах, % компаній

Джерело: представлено автором на основі [6]

Теорія ANN була заснована на тому, як функціонують клітини мозку живого організму, а саме нейрони. Використовуючи взаємопов'язану мережу комп'ютерних пам'яток, ANN може вчитися на досвіді, розрізняти функції, розпізнавати шаблони, кластерні об'єкти та обробляти неоднозначну або абстрактну інформацію. Мережа обробляє інформацію таким чином, що вихід одного нейрона є входом до іншого нейрона, пов'язаного з ним. Приклад зображено на рис. 2.

Вага відповідає за посилення або ослаблення інформації, що передається за посыланням. Посилання

розміщуються та значення ваги встановлюється у процесі, який називається навчанням. ANN можна навчити реагувати на різні шаблони даних відповідно до своїх побажань або вивчати приховані взаємозв'язки між даними. Після ініціалізації мережа ANN може бути модифікована для поліпшення її продуктивності за допомогою індуктивного алгоритму навчання (inductive learning algorithm) і видана у будь-якому середовищі, що контролюється, або без нагляду [9, 2, 11].

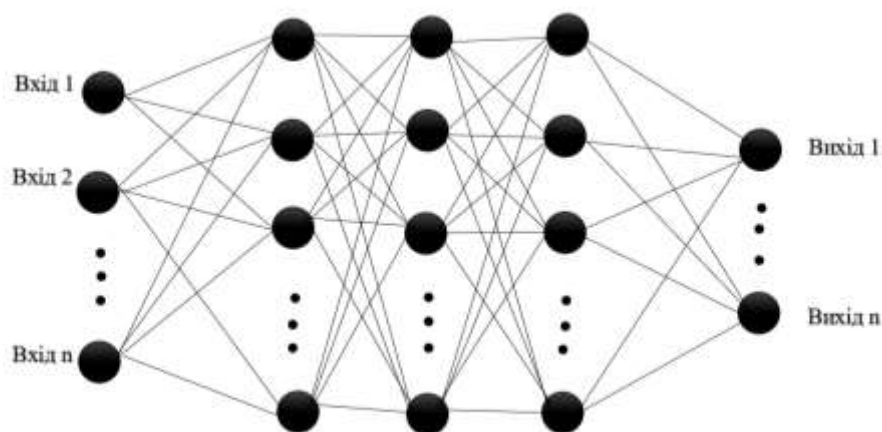


Рисунок 2 – Загальний вигляд роботи нейронних мереж із h-кількістю прихованих шарів

Джерело: представлено автором на основі [8]

ANN виявився корисним для семантичного моделювання, завдяки його здатності вчитися вимовляти англійську лексику. У галузі логістики ANN може бути корисною для маневрування автономними

автомобілями, використовуючи свою техніку обробки зображень. Дійсно, Померло [10] використовував ANN для керування наземним транспортним засобом по одній смузі на шосе, імітуючи поведінку водія-людини.

В автономній навігації автомобіля ANN також застосовуються до традиційної проблеми розміру партії (lot-sizing problem) [12]. У ширшому контексті ANN були успішно використані для розробки ієрархічного планування SC, що визначала час / потужність, необхідні для налаштувань, оцінювали оптимальний розмір партії між послідовними процесами SC, а також пов'язані рішення щодо інвентаризації та планування на нижчому рівні – з

попитом та рішеннями планування виробництва на вищому рівні [13].

Теорія наближених множин була введена Павлаком [14] як спосіб синтезу наближення понять із набутих даних за допомогою таблиці даних, що складається з однієї або декількох класифікаційних ознак. Ці атрибути включають класи еквівалентності, відносини нерозбірливості, встановити наближення та грубе (наближене) членство, що зображено графічно на рис. 3.

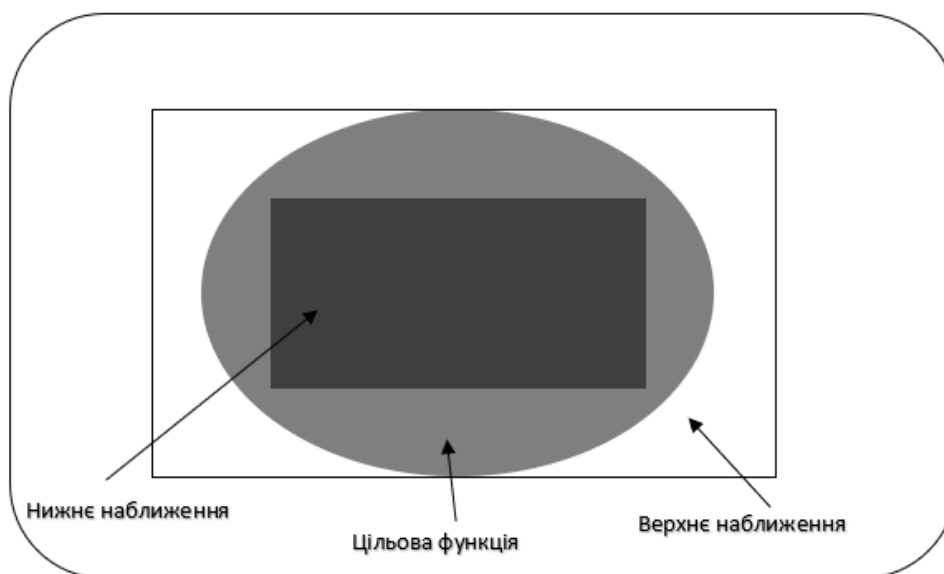


Рисунок 3 – Спрощений графічний вигляд концепції теорії наближених множин із зазначенням цільової функції та різних ступенів наближення

Джерело: представлено автором на основі [15, 16]

Ці класифікаційні ознаки необхідні для реалізації механізмів, подібних до тих, які люди використовують для класифікації об'єктів та їх розпізнавання. Спираючись на опис загальних ознак нерозбірливих об'єктів, вони можуть бути корисними для розробки правил прийняття рішень [17-19].

Отже, теорія наближених множин може бути використана для класифікації критеріїв, а потім для розробки правил прийняття рішень, що стосуються SCM.

Наприклад, Li та інші [20] використовували грубу теорію множин для вибору найбільш бажаного постачальника серед пулу кваліфікованих постачальників з урахуванням кількох, але суперечливих критеріїв вибору постачальників.

Висновки. Оскільки управління SC вимагає прийняття рішень щодо складних взаємопов'язаних процесів та створення інтелектуальних баз знань, управління SC головним чином перетворився на управління знаннями. Інакше кажучи, партнерам по SC стає дедалі важливіше вчитися на основі розширених баз знань та автоматизувати процеси прийняття своїх

рішень. Таким чином, методи було запропоновано як корисний інструмент у прийнятті рішень, який допомагає фірмі з'єднати своїх клієнтів, постачальників та партнерів по SC, полегшуючи обмін інформацією між різними суб'єктами господарювання по всій SC, одночасно замінюючи активи (наприклад, інвентар, засоби, транспортне обладнання) інформацією.

Попри довгу історію AI, потенціал AI як засобу розв'язання складних проблем та пошуку інформації в області SC не був повністю використаний в минулому. Однак деякі прояви практичного використання AI у системах постачання вже були. Зокрема, деякі групи технологій AI, все частіше використовуються для розв'язання питань, пов'язаних з управлінням, включаючи управління запасами, закупівлю, планування розташування, узгодження вантажу між контрагентами та проблеми маршрутизації / планування. Подальше вивчення питання вимагає розглянути використання інших методів AI в управлінні ланцюгами постачання, як то нечітка логіка та агентне моделювання та виявлення їх практичних сторін.

Література:

1. Nilsson, N. J. (1982). Principles of artificial intelligence. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. vol. 1. 476.
2. Russell, S. and Norvig, P. (1995). Artificial intelligence: a modern approach. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
3. Luger, G. F. (2002). Artificial intelligence: structures and strategies for complex problem solving. 4th ed. Pearson Education Limited, England: Essex.
4. Min, Hokey (2010). Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. *International Journal of Logistics-research and Applications*, 13, 13-39. DOI: 10.1080/1367556090273.
5. Linde, H. & Schweizer, I. (2019). A White Paper on the Future of Artificial Intelligence. 1-10. DOI: 10.13140/RG.2.2.32564.19844.
6. Perrault, R., Shoham, Yo., Brynjolfsson, E., Clark, J., Etchemendy, J., Grosz, B., Lyons, T., Manyika, J., Mishra, S. and Juan Carlos Niebles (2019). The AI Index 2019 Annual Report, AI Index Steering Committee. Stanford, CA: Human-Centered AI Institute, Stanford University. 291.
7. Min, H. and Yu, W. (2008). Collaborative planning, forecasting and replenishment: demand planning in supply chain management. *International Journal of Information Technology and Management*, 7 (1), 4–20.
8. Bre, F. & Gimenez, J. & Fachinotti, V. (2017). Prediction of wind pressure coefficients on building surfaces using Artificial Neural Networks. *Energy and Buildings*, 158. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.11.045.
9. McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the idea imminent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-137. DOI: 10.1007/BF02478259
10. Pomerleau, D.A. (1993). Neural network perception for mobile robot guidance. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
11. AlMana, A. & Aksoy, M. (2014). An Overview of Inductive Learning Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 88. DOI: 10.5120/15340-3675.
12. Gaafar, L. K. & Choueiki, M. H. (2000). A neural network for solving the lot-sizing problem. Kuwait: Omega, *The International Journal of Management*, 28, 175-184.
13. Rohde, J. (2004). Hierarchical supply chain planning using artificial neural networks to anticipate base-level outcomes. *OR Spectrum*, 26, 471-492. DOI: 10.1007/s00291-004-0170-x.
14. Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer and Information Science*, 11, 341-356. DOI: 10.1007/BF01001956.
15. Roy, P. & Goswami, S. & Chakraborty, S. & Azar, A. & Dey, N. (2014). Image Segmentation Using Rough Set Theory: A Review. Hershey, PA, USA: *International Journal of Rough Sets and Data Analysis*, 1, 62-74. DOI: 10.4018/ijrsda.2014070105.
16. Qinghua, Zh., Qin, X. & Guoyin, W. (2016) A survey on rough set theory and its applications. China: *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 1, 4, 323-333. DOI: 10.1016/j.trit.2016.11.001.
17. Pawlak, Z. (1984). Rough classification. *International Journal of Man-Machine Studies*, 72, 469-483. DOI: 10.1016/0377-2217(94)90415-4.
18. Pawlak, Z. (1989). Knowledge, reasoning and classification – a rough set perspective. *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science*, 38, 199-210.
19. Pawlak, Z. (1997). Rough set approach to knowledge-based decision support. *European Journal of Operational Research*, 293 (3), 1-10. DOI: doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00382-7.
20. Li, G. D., Yamaguchi, D. & Nagai, M. (2007). Application of grey-based rough decision-making approach to supplier selection. *Journal of Modelling in Management*, 2 (2), 131-142. DOI: 10.1108/17465660710763416.
21. Zheng, P. & Lai, K. K. (2008). A rough set approach on supply chain dynamic performance measurement. Springer, Berlin, Heidelberg: *Lecture Notes in Computer Science*, 4953, 312-322. DOI: 10.1007/978-3-540-78582-8_32.
22. Гриценко В. І. Застосування інструментів Big Data для підвищення ефективності онлайн реклами. *Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем*. 2016. № 21. С. 5-21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/emmses_2016_21_3 (дата звернення:15.08.2020).
23. Зернюк О. В. Управління ланцюгами постачання. *Економічний форум*. - 2015. № 4. С. 251-258. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecfor_2015_4_41 (дата звернення: 20.08.2020).
24. Мозолецька М. О., Ставицький О. В. Використання нейронних мереж для прогнозування у фінансовій сфері. *Актуальні проблеми економіки та управління : збірник наукових праць молодих вчених*. 2017. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22609> (дата звернення: 20.08.2020).
25. Новікова О. В. Прогнозування внутрішнього валового продукту на основі апарату штучних нейронних мереж. *Економіка і управління АПК*. 2014. №1. С. 5–11.

References:

1. Nilsson, N. J. (1982). Principles of artificial intelligence. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1. 476.
2. Russell, S. & Norvig, P. (1995). Artificial intelligence: a modern approach. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
3. Luger, G. F. (2002). Artificial intelligence: structures and strategies for complex problem solving. 4th ed. Pearson Education Limited, England: Essex.
4. Min, H. (2010). Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. *International Journal of Logistics-research and Applications*, 13, 13-39. DOI: 10.1080/1367556090273.
5. Linde, H. & Schweizer, I. (2019). A White Paper on the Future of Artificial Intelligence, 1-10. DOI: 10.13140/RG.2.2.32564.19844.
6. Perrault, R., Shoham, Y., Brynjolfsson, E., Clark, J., Etchemendy, J., Grosz, B., Lyons, T., Manyika, J., Mishra, S. & Juan Carlos Niebles (2019). The AI Index 2019 Annual Report, AI Index Steering Committee. Stanford, CA: Human-Centered AI Institute, Stanford University.
7. Min, H. & Yu, W. (2008). Collaborative planning, forecasting and replenishment: demand planning in supply chain management. *International Journal of Information Technology and Management*, 7 (1), 4-20.
8. Bre, F. & Gimenez, J. & Fachinotti, V. (2017). Prediction of wind pressure coefficients on building surfaces using Artificial Neural Networks. *Energy and Buildings*, 158. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.11.045.
9. McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the idea imminent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-137. DOI: 10.1007/BF02478259.
10. Pomerleau, D. A. (1993). Neural network perception for mobile robot guidance. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

11. AlMana, A. & Aksoy, M. (2014). An Overview of Inductive Learning Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 88. DOI: 10.5120/15340-3675.
12. Gaafar, L. K. & Choueiki, M. H. (2000). A neural network for solving the lot-sizing problem. Kuwait: Omega, *The International Journal of Management*, 28, 175-184.
13. Rohde, J. (2004). Hierarchical supply chain planning using artificial neural networks to anticipate base-level outcomes. *OR Spectrum*, 26. 471-492. DOI: 10.1007/s00291-004-0170-x.
14. Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer and Information Science*, 11, 341-356. DOI: 10.1007/BF01001956.
15. Roy, P. & Goswami, S. & Chakraborty, S. & Azar, A. & Dey, N. (2014). Image Segmentation Using Rough Set Theory: A Review. Hershey, PA, USA: *International Journal of Rough Sets and Data Analysis*, 1, 62-74. DOI: 10.4018/ijrsda.2014070105.
16. Qinghua, Zh., Qin, X. & Guoyin, W. (2016) A survey on rough set theory and its applications. China: *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 1, 4, 323-333. DOI: 10.1016/j.trit.2016.11.001.
17. Pawlak, Z. (1984). Rough classification. *International Journal of Man-Machine Studies*, 72, 469-483. DOI: 10.1016/0377-2217(94)90415-4.
18. Pawlak, Z. (1989). Knowledge, reasoning and classification – a rough set perspective. *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science*, 38, 199-210.
19. Pawlak, Z. (1997). Rough set approach to knowledge-based decision support. *European Journal of Operational Research*, 293 (3), 1-10. DOI: doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00382-7.
20. Li, G. D., Yamaguchi, D. & Nagai, M. (2007). Application of grey-based rough decision-making approach to supplier selection. *Journal of Modelling in Management*, 2 (2), 131-142. DOI: 10.1108/17465660710763416.
21. Zheng, P. & Lai, K. K. (2008). A rough set approach on supply chain dynamic performance measurement. Springer, Berlin, Heidelberg: *Lecture Notes in Computer Science*, 4953, 312-322. DOI: 10.1007/978-3-540-78582-8_32.
22. Hrytsenko, V. I. (2016). Use Big Data tools to increase the effectiveness of online advertising. *Ekonomiko-matematychne modeliuвання sotsialno-ekonomichnykh system*, 21, 5-21. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/emmses_2016_21_3.
23. Zernjuk, O. V. (2015). Supply chain management. *Ekonomičnyj forum*, 4, 251-258. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecfor_2015_4_41 [in Ukrainian].
24. Mozolevs'ka, M. O. & Stavyc'kyj, O. V. (2017). Use of neural networks for forecasting in the financial sphere. *Aktual'ni problemy ekonomiky ta upravlinnja*. Retrieved from: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22609> [in Ukrainian].
25. Novikova, O. V. (2014). Forecasting the gross domestic product based on the apparatus of artificial neural networks. *Ekonomika i upravlinnja APK*, 1, 5-11 [in Ukrainian].



Ця робота ліцензована Creative Commons Attribution 4.0 International License