

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АТ «УКРТРАНСНАФТА»

*К. В. Клименко, АТ «Укртранснафта»,
orcid.org/0000-0001-7400-3499*

Методологія дослідження. При виконанні дослідження було використано наступні методи: аналізу й синтезу – для постановки задачі нейромережевого моделювання рівня інноваційного розвитку суб'єктів господарювання та виділення його етапів; методи узагальнення та групування – при формуванні системи одиничних індикаторів визначення рівня інноваційного розвитку; метод навчання багатосарового перцептрона – для характеристики роботи нейронної мережі.

Результати. У статті розглянуто можливість застосування методу прогнозування рівня інноваційного розвитку підприємств нафтотранспортного комплексу з використанням нейромережевого моделювання. Здійснено постановку задачі нейромережевого моделювання рівня інноваційного розвитку суб'єктів господарювання, а також визначено шість його етапів: формування системи індикаторів рівня інноваційного розвитку, попередня обробка даних, формування нейронної мережі, навчання нейронної мережі та отримання результату. Сформовано систему одиничних індикаторів визначення рівня інноваційного розвитку за виробничою, кадровою, фінансовою та майновою складовою. Використано дані індикатори для побудови нейронної мережі. Виділено специфічні обмеження, що характеризують навчання нейронної мережі та виділяють його із загальних задач оптимізації: астрономічне число параметрів, необхідність високого паралелізму при навчанні, багатокритеріальність вирішуваних завдань, необхідність віднаходження області, в якій значення всіх функцій, що мінімізуються, є близькими до мінімальних. Визначено переваги та недоліки нейромережевого прогнозування рівня інноваційного розвитку підприємств.

Новизна. Запропоновано алгоритм прогнозування рівня інноваційного розвитку підприємств нафтотранспортного комплексу з використанням нейромережевого моделювання. Сформовано систему одиничних індикаторів визначення рівня інноваційного розвитку за виробничою, кадровою, фінансовою та майновою складовою.

Практична значущість. Результати дослідження мають теоретичну і практичну цінність, оскільки дозволяють використовувати нейромережеве моделювання для прогнозування рівня інноваційного розвитку підприємств.

Ключові слова: інноваційний розвиток, нейронні мережі, багатосаровий перцептрон, нафтотранспортне підприємство.

Постановка проблеми. Сьогодні інновації для будь-якого підприємства є рушієм його розвитку. Ефективне застосування інноваційного потенціалу підприємства сприятиме підвищенню ефективності його діяльності та створюватиме унікальні конкурентні переваги у майбутньому. З урахуванням цього для підприємств важливо здійснювати

прогнозування інноваційного розвитку. Використовуючи сучасний інструментарій методів та методик прогнозування є можливість сформулювати систему управління та координування інноваційного розвитку досліджуваних підприємств, а також визначити вплив інноваційних чинників на загальні показники ефективності діяльності підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням процесу інноваційного розвитку підприємств займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені. Серед закордонних можна виокремити такого знаменитого дослідника як Йозеф Шумпетер з його «Теорією економічного розвитку» (The Theory of Economic Development. An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle (1911) [1].

У цій роботі Йозеф Шумпетер запропонував концепцію якісних змін у продуктах та методах виробництва, які виникали внаслідок здійснення нових комбінацій факторів виробництва. Визначаючи «нову комбінацію» як виробничу функцію, що вносила потужні якісні зміни в економіку, вчений довів необхідність впровадження інновацій у безпосередній процес виробництва, а отже, показав залежність соціально-економічного розвитку від інновацій. D. Leyden [2] та M. Mazzucato [3] у своїх працях вивчали теоретико-методичні аспекти інноваційного потенціалу підприємств.

Опираючись на вже сформований достатньо фундаментальний базис теорії інноваційного розвитку та не применшуючи його цінність для подальшого розвитку даної теорії можна зробити висновки, що існує необхідність дослідження питання формування та застосування сучасного інструментарію прогнозування інноваційної діяльності на основі побудови адекватних інноваційному процесу на нафтотранспортному підприємству нейронних мереж.

Формулювання мети статті. Метою статті являється оцінка рівня інноваційного розвитку нафто-транспортного підприємства та здійснення прогнозування на основі побудови нейромережевої моделі з урахуванням процесу розроблення та втілення напрямів та шляхів інноваційного розвитку проблемного підприємства.

Прогнозування, з використанням нейромережевого моделювання – унікальний інструмент аналізу процесу інноваційного розвитку, зокрема при формуванні стратегії управління підприємством.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проблема оцінювання рівня інноваційного розвитку підприємств є актуальною, особливо в умовах активної реформації всіх

економічних процесів. Для ефективності господарської діяльності у часи цифрової трансформації суспільства й економічних систем різних типів енергетичним компаніям необхідно адресно долати опір змінам, спираючись на незалежні науково-технологічні та управлінські розвідки і проекти [4].

Враховуючи складність інноваційного процесу, інтенсивний вплив зовнішніх та внутрішніх чинників, великий обсяг параметрів, за якими можна здійснювати оцінку інноваційного процесу, необхідним є розроблення математичного апарату управління інноваційним розвитком підприємства з використанням нейромереж. — багатошарового перцептрона, навчання якого здійснюється на базі алгоритму зворотного розповсюдження помилки, дозволяє з мінімальними часовими і грошовими витратами та з високою точністю прийняти рішення щодо різних аспектів діяльності підприємств. Використання штучних нейронних мереж в різних галузях дозволяє ефективно вирішувати різноманітні задачі обробки даних [5].

Нейромережі вирішують широке коло завдань, одна із найпростіших та найпоширеніших є задача класифікації, тобто віднесення певного взірця до одного із попередньо відомого [6].

Для розв'язання задачі визначення рівня інноваційного розвитку підприємства спочатку здійснимо її постановку. Отже, розглядаємо об'єкт – інноваційний процес на підприємстві чи окремому структурному підрозділі, який характеризується набором параметрів X , $X = (x_i)$, $i = 1, 2, 3 \dots n$. Задача полягає у віднесенні даного об'єкта до однієї із груп множини Y , $Y = (y_j)$, $j = 1, 2, 3 \dots m$ – рівні інноваційного розвитку. На рисунку 1 відображено етапи розв'язування поставленої задачі.

Отже, досліджуючи питання оцінювання інноваційного розвитку підприємств у працях науковців [5, 6, 7, 8, 9, 10] можна зробити висновки, що більшість науковців схиляються до думки, що оцінювання рівня інноваційного розвитку підприємств має базуватися на використанні інтегральних показників. Проте, слід відмітити, що автори при моделюванні цих показників використовують різні групи одиничних індикаторів.



Рис. 1. Етапи визначення рівня інноваційного розвитку нафтотранспортного підприємства з використанням нейронних мереж

При формуванні системи індикаторів рівня інноваційного розвитку найбільш поширеним є виокремлення виробничої, кадрової, фінансової та майнової складових з подальшою систематизацією на основі такого виокремлення одиничних індикаторів. Тому на

основі проведених досліджень наукових праць, у яких вирішуються завдання оцінювання рівня інноваційного розвитку, сформуємо систему одиничних показників оцінювання складових інноваційного розвитку (табл. 1).

Таблиця 1
Одиничні індикатори оцінки складових інноваційного розвитку нафтотранспортного підприємства

| Складова інноваційного розвитку | Одиничні індикатори |
|---------------------------------|---|
| Виробнича складова | Коефіцієнт основних виробничих фондів (K_{B1}) |
| | Коефіцієнт фондівдачі (K_{B2}) |
| | Коефіцієнт оновлення (K_{B3}) |
| | Коефіцієнт прогресивності технологій (K_{B4}) |
| | Коефіцієнт матеріаломісткості (K_{B5}) |
| | Коефіцієнт автоматизації та механізації виробництва (K_{B6}) |
| | Коефіцієнт наукомісткості (K_{B7}) |
| | Ступінь інтенсифікації виробництва (K_{B8}) |
| | Частка новітніх (інноваційних) управлінських технологій у структурі системи управління за період (рік) (K_{B9}) |
| | Чистий дохід від реалізації продукції (K_{B10}) |

| | |
|-----------------------|--|
| Кадрова складова | Коефіцієнт частки спеціалістів, які виконують наукові та науково-технічні роботи (K _{K1}) |
| | Коефіцієнт плинності кадрів (K _{K2}) |
| | Коефіцієнт кваліфікаційного рівня (K _{K3}) |
| | Коефіцієнт витрат на підготовку та навчання працівників (K _{K4}) |
| | Коефіцієнт участі працівників в управлінні підприємством (K _{K5}) |
| | Коефіцієнт участі підприємства у соціальній підтримці працівників (K _{K6}) |
| | Коефіцієнт рівня безпеки та охорони праці на підприємстві (K _{K7}) |
| | Коефіцієнт формування доходів працівників та рівень оплати праці (K _{K8}) |
| | Коефіцієнт відповідності робочих місць санітарно-гігієнічним вимогам (K _{K9}) |
| | Коефіцієнт створення робочих місць (K _{K10}) |
| Фінансова складова | Коефіцієнт витрат на придбання результатів НДДКР (K _{Ф1}) |
| | Коефіцієнт самофінансування (K _{Ф2}) |
| | Коефіцієнт використання позиченого капіталу (K _{Ф3}) |
| | Економія витрат в результаті впровадження інновації (K _{Ф4}) |
| | Рентабельність реалізованої продукції (K _{Ф5}) |
| | Рентабельність власного капіталу (K _{Ф6}) |
| | Рентабельність активів (K _{Ф7}) |
| | Коефіцієнт оборотності активів (K _{Ф8}) |
| | Коефіцієнт оборотності основних засобів (K _{Ф9}) |
| | Коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості (K _{Ф10}) |
| Майнова складова | Частка високотехнологічного обладнання (технологій) у загальній структурі матеріально-технічного забезпечення (K _{М1}) |
| | Кількість упроваджених нових видів технологічних процесів за період (рік) (K _{М2}) |
| | Коефіцієнт гнучкості виробництва (K _{М3}) |
| | Коефіцієнт прогресивності технології (K _{М4}) |
| | Ступінь використання сучасних комп'ютерних технологій (K _{М5}) |
| | Коефіцієнт модернізації устаткування на звітну дату порівняно з базовим роком (K _{М6}) |
| | Коефіцієнт зносу обладнання (K _{М7}) |
| | Частка нематеріальних активів у загальній сумі активів (K _{М8}) |
| | Частка необоротних активів у балансі підприємства (K _{М9}) |
| | Частка оборотних активів у балансі підприємства (K _{М10}) |

Джерело: сформовано за: [6], [9], [10-13]

Отже, в таблиці 1 наведено множину вхідних індикаторів для побудови нейронних мереж для прогнозування рівня інноваційного розвитку. Для визначення рівня інноваційного розвитку використовуємо шкалу Харингтона (таблиця 2).

Таблиця 2
Стандартні значення за шкалою бажаності Харингтона

| Рівень інноваційного розвитку | Значення |
|-------------------------------|-------------|
| Дуже високий | 1,00 – 0,80 |
| Високий | 0,80 – 0,63 |
| Середній | 0,63 – 0,37 |
| Низький | 0,37 – 0,20 |
| Дуже низький | 0,20 – 0,00 |

Робота нейронної мережі зводиться до пошуку функціональної залежності $Y=F(X)$, де X – вхідний вектор, а Y – вихідний вектор, $Y=(y_n)$, $n=1,5$, $X=(x_i)$, $i=1,40$. Для розв'язування даної задачі буде використано метод

зворотного поширення помилки (*backpropagation*). Його ще називають метод навчання багат шарового перцептрона. Вперше даний метод був описаний в 1974 р. А. І. Галушкіна, а також незалежно і одночасно Полом Дж. Вербосом. Далі суттєво розвинутий в 1986 р. Девідом І. Румельхартом, Дж. Е. Хінтон і Рональдом Дж. Вільямсом і незалежно і одночасно С. І. Барцевим і В. А. Охоніним. Це ітеративний градієнтний алгоритм, який використовується з метою мінімізації помилки роботи багат шарового перцептрона і отримання бажаного виходу. Основна ідея цього методу полягає в поширенні сигналів помилки від виходів мережі до її входів, у напрямку, зворотному прямому поширенню сигналів у звичайному режимі роботи. Барц і Охонін запропонували відразу загальний метод («принцип подвійності»), застосовний до більш широкого класу систем, включаючи системи з запізненням, роз-

поділені системи, і т. п. Для можливості застосування методу зворотного поширення помилки передавальна функція нейронів повинна бути диференційована. Метод є модифікацією класичного методу градієнтного спуску.

На етапі формування багатошарової нейронної мережі прямого поширення, яка виконує завдання ідентифікації і управління необхідно визначити «зовнішню» і «внутрішню» структури нейронної мережі. «Зовнішня» структура нейромережевої моделі повністю визначається вектором входу і вектором виходу. При виборі «внутрішньої» структури нейромережевої моделі необхідно визначити: кількість схованих шарів; кількість нейронів у кожному схованому шарі; вид активаційної функції для кожного шару [14]. Збільшення числа нейронів у схованому шарі і збільшення числа прихованих шарів підвищують репрезентативні можливості нейронної мережі, тобто дають можливість моделювати більш складні взаємозв'язки, але призводять до значних труднощів при практичній реалізації [15], збільшення часових витрат як на навчання, так і на роботу в режимі прогнозування.

Будь-яка нейронна мережа складається з відносно простих однотипних елементів, що імітують роботу головного мозку. Кожний нейрон містить синапси (однаправлені вхідні зв'язки з іншими нейронами) та аксон (вихідний зв'язок з іншими нейронами). Коли нейрон отримує сигнал, що надходить до нього від взаємозв'язаних нейронів, то відповідно до нього виконує типову операцію –

змінює свої параметри, так звані синаптичні ваги за допомогою нелінійного перетворення та передає її далі по мережі.

На кожній ітерації алгоритму зворотного поширення вагові коефіцієнти нейронної мережі модифікуються так, щоб поліпшити рішення одного прикладу. Таким чином, у процесі навчання циклічно вирішуються однокритеріальні задачі оптимізації.

Навчання нейронної мережі характеризується чотирма специфічними обмеженнями, що виділяють навчання нейромереж із загальних задач оптимізації: астрономічне число параметрів, необхідність високого паралелізму при навчанні, багато критеріально вирішуваних завдань, необхідність знайти досить широку область, в якій значення всіх функцій, що мінімізуються близькі до мінімальних. Стосовно решти проблеми навчання можна, як правило, сформулювати як завдання мінімізації оцінки. Обережність попередньої фрази («як правило») пов'язана з тим, що насправді нам невідомі і ніколи не будуть відомі всі можливі завдання для нейронних мереж, і, може, десь в невідомості є завдання, які не зводяться до мінімізації оцінки. Мінімізація оцінки – складна проблема: параметрів астрономічно багато (для стандартних прикладів, що реалізуються на РС — від 100 до 1000000), адаптивний рельєф (графік оцінки як функції від підлаштовуваних параметрів) складний, може містити багато локальних мінімумів.

На рисунку 2 відображено архітектуру багатошарового перцептронного нейронного мережі.

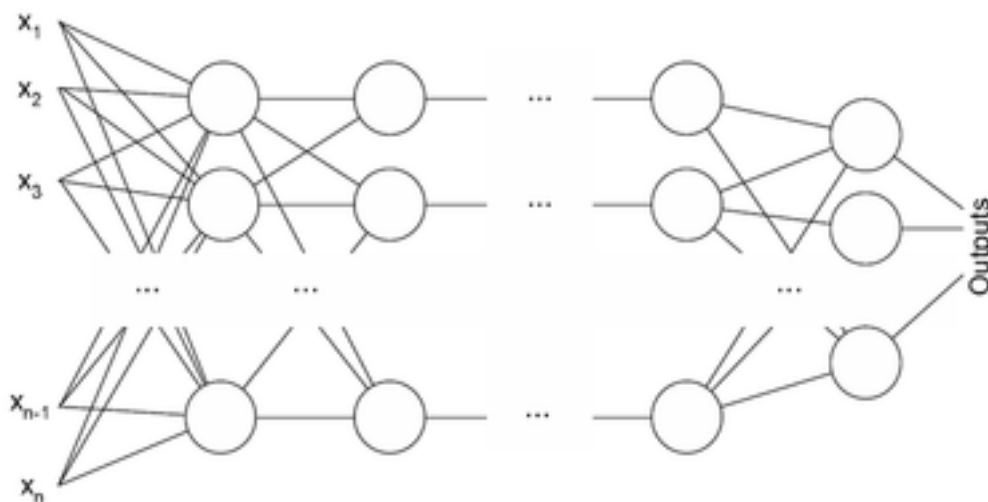


Рис. 2. Архітектура багатошарового перцептронного нейронного мережі

Отже, найбільш перспективним кількісним методом прогнозування є використання нейронних мереж [16]. Вони мають як певні

переваги так і недоліки, деякі з них наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Переваги та недоліки використання нейронних мереж для прогнозування

| Автор, джерело | Переваги | Недоліки |
|-------------------------------|--|---|
| Калініна І. О. [16] | Нейронні мережі мають більш гнучку структуру. Для її зміни достатньо регулювати кількість шарів та нейронів Експерт не залежить від вибору математичної моделі поведінки часового ряду | Нейронні мережі є недетерміновані |
| Харинович-Яворська Д. О. [17] | При використанні нейронних мереж легко досліджувати залежність прогнозованої величини від незалежних змінних, використовуючи при цьому як числові, так і текстові дані Для здійснення аналізу не потрібно вирішувати проблему взаємозалежності між вхідними показниками і для налагодження системи аналізу не обов'язково володіти знанням про високі технологічні можливості нейронних мереж Легко визначається значимість вхідних даних, що дозволяє швидко виключити з розгляду параметри, що мають незначний вплив | Отримана модель не дозволяє однозначно й «прозора» визначити внесок кожного показника у покращення або погіршення результуючого показника |

Висновки. Отже, запропонований метод оцінювання рівня інноваційного розвитку підприємства за допомогою штучної нейронної мережі – багатошарового перцептрона, навчання якого здійснюється на базі алгоритму зворотного розповсюдження помилок, дозволяє з мінімальними часовими і грошовими витратами та з високою точністю прийняти рішення щодо визначення стратегії розвитку підприємства на основі визначеного рівня інноваційного розвитку підприємства.

Література

1. Schumpeter, Joseph A. *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle* (1934). University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1496199>

2. Leyden, D. *Publicsector entrepreneurship and the creation of a sustainable innovative economy / D.Leyden // Small Business Economics.* – 2016. – Vol. 46, Issue 4. – P. 553–564.

3. Mazzucato, M. *From market fixing to marketcreating: a new framework for innovation policy / M. Mazzucato // Industry and Innovation.* – 2016. – Vol. 23, Issue 2. – P. 140–156.

4. Гавриленко М. М. Трансформація економічних систем під впливом цифровізації / Гавриленко М. М., Гораль Л. Т., Берлоус М. В. // *Бізнес Інформ.* – 2019. – №12. – С. 261–267. Режим доступу: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-12-261-267>

5. Калініна І. О. Використання нейромережових методів у задачах фінансового менеджменту [Еле-

ктронний ресурс] / І. О. Калініна // *Наукові праці Черноморського державного університету імені Петра Могили.* – Сер. : Комп'ютерні технології. – 2008. – Т. 90. – Вип. 77. – С. 160–167. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2008_90_77_19

6. Азарова А. О. Розроблення математичного методу ідентифікації рівня мотивації персоналу засобами нейромережових технологій [Електронний ресурс] / А. О. Азарова, О. А. Ковальчук, О. Д. Ситнік // *Моделювання та інформаційні системи в економіці.* – 2011. – Вип. 85. – С. 21–27. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mise_2011_85_5

7. Теплюк М. А. Оцінювання рівня інноваційного розвитку підприємства в контексті інтеграції науки та бізнесу / М. А. Теплюк, О. А. Шапран // *Стратегія економічного розвитку України : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана; [редкол.: О. М. Гребешкова (голов. ред.) та ін.].* – Київ : КНЕУ, 2020. – Вип. 46. – С. 105–121.

8. Малюта Л. Оцінювання рівня інноваційного розвитку промислового підприємства [Електронний ресурс] / Л. Малюта // *Соціально-економічні проблеми і держава.* – Вип. 1 (4). – 2011. – Режим доступу до журн.: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2011/11mlyrpp.pdf>.

9. Кузьминых Н. А. Методические подходы к оценке уровня инновационного развития социально-экономических систем: преимущества и недостатки / Н. А. Кузьминых // *Интеллект. Инновации. Инвестиции.* – 2011. – № 2. – С. 30–35.

10. Юринець З. В. Оцінювання інноваційного потенціалу суб'єктів господарювання харчової промисловості. / З. В. Юринець, В. В. Круглякова. // *Економіка та управління підприємствами. Економіка і суспільство.* Мукачівський державний університет. – 2016. – Випуск №7. – С. 546–550.

11. Смельянов О. Ю. Інноваційний розвиток підприємства: критерії та вплив. / О. Ю. Смельянов, І. З. Крет, Т. О. Петрушка. // *Wielokierunkowosc Jako Gwarancja Postepu Naukowego*. – 2020. – Том 1. – С. 24-26. DOI 10.36074.21.02.2020.v1.05
12. Череп А. В. Методи оцінки ефективності управління інноваційною діяльністю підприємств машинобудування. / А. В. Череп, М. М. Лизуенко. // *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. — 2014. — №3(27). — С. 113–119.
13. Зубков Р. С. Основні показники інноваційної діяльності промислових підприємств Причорноморського регіону України. / Р. С. Зубков. // *Ефективна економіка*. – 2016. – №12.
14. Кравець П. І. Розробка та дослідження технології оцінювання показників нейромережових моделей МІМО-об'єктів управління [Електронний ресурс] / П. І. Кравець, Т. Й. Лукіна, В. М. Шимкович, І. І. Ткач // *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Іформатика, управління та обчислювальна техніка*. – 2012. – Вип. 57. – С. 144–149. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkpi_iuot_2012_57_28
15. Кравець П. І. Технологія апаратно-програмної реалізації штучного нейрона та штучних нейронних мереж засобами FPGA / П. І. Кравець, В. М. Шимкович, Г. А. Зубенко // *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Іформатика, управління та обчислювальна техніка*. 2012. – №55. – С. 174–180.
16. Калініна І. О. Дослідження нейромережових методів у задачах прогнозування [Електронний ресурс] / І. О. Калініна // *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили*. – Сер.: Комп'ютерні технології. – 2009. – Т. 106. – Вип. 93. – С. 132–138. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2009_106_93_19
17. Харинович-Яворська Д. О. Роль нейромережових систем у формуванні конкурентної стратегії торговельного підприємства [Електронний ресурс] / Д. О. Харинович-Яворська // *Наука й економіка*. – 2014. – Вип. 1. – С. 165–169. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nie_2014_1_29
- Industry and Innovation, Vol. 23, Issue 2, P. 140-156. <https://doi.org/10.1080/13662716.2016.1146124>
4. Havrylenko M.M., Horal, L.T., & Berlous, V.V. (2019). Transformatsiia ekonomichnykh system pid vplyvom tsyfrovizatsii. *Biznes-Inform*, (12). 261-267. Retrieved from <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-12-261-267>
5. Kalinina, I.O. (2008). Vykorystannia neyromerezhevnykh methodiv u zadachakh finansovoho menezhmentu. *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly*, Ser.: *Kompiuterni tekhnologii*, T.90, Issue 77, 160-167. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2008_90_77_19
6. Azarova, A.O., Kovalchuk, O.A., & Sytnik, O.D. (2011). Rozroblennia matematychnoho metodu identyfikatsii rivnia motyvatsii personaly zasobamy neyromerezhevnykh tekhnolohiy. *Modeliuvannia ta informatsiyni systemy v ekonomitsi*, Issue, 85, 21-27. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mise_2011_85_5
7. Tepliuk, M.A., & Shapran, O.A. (2020). Otsiniuvannia rivnia innovatsiynoho rozvytku pidpriemstva v konteksti intehtratsii nauky ta biznesu. *Proceedings of Stratehiia ekonomichnoho rozvytku Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. DVNZ «Kyivskyy natsionalnyy ekonomichnyy universytet imeni V. Hetmana. O.M. Hrebeshkova (Ed.)*. Kyiv: KNEU, Issue 46, 105-121.
8. Maliuta, L. (2011). Otsiniuvannia rivnia innovatsiynoho rozvytku promyslovoho pidpriemstva. *Sotsialno-ekonomichni problemy i derzhava*. Issue 1(4). Retrieved from <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2011/11mlyrpp.pdf>.
9. Kuzminykh, N.A. (2011). Metodicheskie podkhody k otsenke urovnia innovatsionnogo razvitiya sotsialno-ekonomicheskikh sistem: preimushchestva i nedostatki. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*. (2), 30-35.
10. Yurynets, Z.V., & Kruhliakova, V.V. (2016). Otsiniuvannia innovatsiynoho potentsialu subiektiv hospodariuvannia harchovoi promyslovosti. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy. Ekonomika i suspilstvo. Mukachivskyy Derzhavnyy universytet*. Issue (7), 546-550.
11. Yemelianov, O.Yu., Kret, I.Z., & Petrushka, T.O. (2020). Innovatsiynyy rozvytok pidpriemstva: kryterii ta vplyv. *Wielokierunkowosc Jako Gwarancja Postepu Naukowego*, Tom 1, 24-26. DOI 10.36074.21.02.2020.v1.05
12. Cherep, A.V., & Lyzunenکو, M.M. (2014). Metody otsinky efektyvnosti upravlinnia innovatsiynoiu diialnistiu pidpriemstv mashynobuduvannia. *Zbirnyk naukovykh prats Tavriyskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu, (ekonomichni nauky)*. 3(27), 113-119.
13. Zubkov, R.S. (2016). Osnovni pokaznyky innovatsiynoi diialnosti promyslovykh pidpriemstv Prychornomorskoho rehionu Ukrainy. *Efektyvna ekonomika*, (12).
14. Kravets, P.I., Lukina T.Y., Shymkovych, V.M., & Tkach, I.I. (2012). Rozrobka ta doslidzhennia tekhnolohii otsiniuvannia pokaznykiv neyromerezhevnykh

References

1. Schumpeter, Joseph A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship, Retrieved from SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1496199>
2. Leyden, D. (2016). Publicsector entrepreneurship and the creation of a sustainable innovative economy. *Small Business Economics*, Vol. 46, Issue 4, P. 553-564. <https://doi.org/10.1007/s11187-016-9706-0>
3. Mazzucato, M. (2016). From market fixing to marketcreating: a new framework for innovation policy.

modeley MIMO-obiektiv upravlinnia. Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliuvalna tekhnika, Issue 57, 144-149. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkpi_iuot_2012_57_28

15. Kravets, P.I., Shymkovych, V.M., & Zubenko, H.A. (2012). Tekhnolohiia aparatno-prohramnoi realizatsii shtuchnoho neyrona ta shtuchnykh neyronnykh merezh zasobamy FPGA. Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliuvalna tekhnika, Issue 55, 174-180.

16. Kalinina, I.O. (2009). Doslidzhennia neyromerezhevykh metodiv u zadachakh prohnozuvannia. Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly, Ser.: Kompiuterni tekhnolohii, T. 106, Issue 93, 132-138. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2009_106_93_19

17. Kharynovych-Yavorska, D.O. (2014). Rol neyromerezhevykh system u formuvanni konkurentnoi stratehii torhovelnoho pidpriemstva, Nauka i ekonomika, Issue 1, 165-169. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nie_2014_1_29

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АО «УКРТРАНСНАФТА»

К. В. Клименко, АО «Укртранснафта»

Методология исследования. При выполнении исследования были использованы следующие методы: анализа и синтеза – для постановки задачи нейросетевого моделирования уровня инновационного развития субъектов хозяйствования и выделения его этапов; методы обобщения и группировки – при формировании системы единичных индикаторов определения уровня инновационного развития; метод обучения многослойного перцептрона – для характеристики работы нейронной сети.

Результаты. В статье рассмотрена возможность применения метода прогнозирования уровня инновационного развития предприятий нефтетранспортного комплекса с использованием нейросетевого моделирования. Осуществлена постановка задачи нейросетевого моделирования уровня инновационного развития субъектов хозяйствования, а также определены шесть его этапов: формирование системы индикаторов уровня инновационного развития, предварительная обработка данных, формирование нейронной сети, обучение нейронной сети и получение результата. Сформирована система единичных индикаторов определения уровня инновационного развития в производственной, кадровой, финансовой и имущественной составляющей. Используются данные индикаторы для построения нейронной сети. Выделены специфические ограничения, характеризующие обучение нейронной сети и которые выделяют его из общих задач оптимизации: астрономическое число параметров, необходимость высокого параллелизма при обучении, многокритериальность решаемых задач, необходимость нахождения области, в которой значения всех функций, которые минимизируются, близки к минимальным. Определены преимущества и недостатки нейросетевого прогнозирования уровня инновационного развития предприятий.

Новизна. Предложен алгоритм прогнозирования уровня инновационного развития предприятий нефтетранспортного комплекса с использованием нейросетевого моделирования. Сформирована система единичных индикаторов определения уровня инновационного развития в производственной, кадровой, финансовой и имущественной составляющей.

Практическая значимость. Результаты исследования имеют теоретическую и практическую ценность, поскольку позволяют использовать нейросетевое моделирование для прогнозирования уровня инновационного развития предприятий.

Ключевые слова: инновационное развитие, нейронные сети, многослойный перцептрон, нефтетранспортное предприятие.

NEURAL NETWORK MODELING OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF JSC «UKRTRANSNAFT»

K. V. Klymenko, JSC «Ukrtransnafta»

Methods. The following methods were used in the research: analysis and synthesis – to set the problem of neural network modeling of the level of innovative development of economic entities and the selection of its stages; methods of generalization and grouping – in the formation of a system of individual indicators to determine the level of innovative development; multilayer perceptron training method – to characterize the operation of the neural network.

Results. The article considers the possibility of applying the method of forecasting the level of innovative development of enterprises of the oil transportation complex with the use of neural network modeling. The problem of neural network modeling of the level of innovative development of economic entities is set, and its six stages are defined: formation of a system of indicators of the level of innovative development, preliminary data processing, neural network formation, neural network training and result. There has been formed a system of individual indicators for determining the level of innovative development by production, personnel, financial and property components. These indicators are used to build a neural network. There are specific limitations that characterize the learning of the neural network and distinguish it from the general optimization problems: astronomical number of parameters, the need for high parallelism in learning, multicriteria of problems, the need to find an area in which the values of all minimized functions are close to minimum. The advantages and disadvantages of neural network forecasting of the level of innovative development of enterprises are determined.

Novelty. An algorithm for forecasting the level of innovative development of oil transportation enterprises using neural network modeling is proposed. A system of individual indicators for determining the level of innovative development by production, personnel, financial and property components has been formed.

Practical value. The results of the study have theoretical and practical value, as they allow the use of neural network modeling to predict the level of innovative development of enterprises.

Keywords: innovative development, neural networks, multilayer perceptron, oil transportation enterprise.

Надійшла до редакції 17.02.21 р.