

12. Simon CJ, Nardinelli C (2002). Human capital and the rise of American cities, 1900–1999 *Regional Science and Urban Economics* 32: 59–96.
13. Valero, A., Van Reenen, J. (2019). The Economic Impact of Universities: Evidence from Across the Globe *Economics of Education Review* 68: 53-67.

УДК 330.341

**Гарматій Сергій**

аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
м. Тернопіль, Україна

**Serhii Harmatii**

graduate student

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Ternopil, Ukraine

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ІНСТРУМЕНТАРИЄМ НЕЙРОННИХ СИСТЕМ**

### **SIMULATION OF ECONOMIC OBJECTS BY TOOLS OF NEURAL SYSTEM**

В сучасних соціально-економічних процесах, що досить швидко розвиваються, та трансформуються, пріоритетним напрямком є застосування експертних систем, що акумулюють професійні знання керівників і фахівців, використовуючи їх для формування бази знань, яка містить набір взаємопов'язаних правил. Експерти в конкретній галузі економіки, маючи вже певний досвід та напрацювання, зможуть скласти адекватні бази даних та бази правил з формулю зв'язків: "що буде, якщо...", не витрачаючи часу на трудомісткий процес програмування.

Донедавна нейронні мережі широко застосовувалися лише в техніці, проте з впливом пандемії COVID-19 на світові та національні масштаби, все більше відбувається «цифровізація економічних процесів», тобто все більше продажі магазинів, компаній та бізнесу переходить у цифровий формат, тому є актуальним питання розширення практичного застосування цифрових нейронних мереж в економіці з використанням інформаційних систем на основі штучного інтелекту.

Сучасні науковці Р.М. Рогатинський [1, 2] В.М. Вовк В. Вітлінський та багато інших досліджують наукові перспективи та практичну реалізацію нейронних мереж для економічних суб'єктів господарювання.

Вузька спеціалізація експериментальних експертних систем дозволяє поповнювати базу даних та відповідно базу знань автоматично, тобто система на основі штучного інтелекту скажемо так «навчається самостійно» і це є величезною перевагою таких ІС. В плані роботи та аналізу на біржах цінних паперів, аналізу деталізації інфляційних та інших фінансових питань в режимі реального часу, що є важливим для вчасного та адекватного прийняття рішень, топ-менеджерів компаній.

Професійні знання передаються експертній системі відповідним спеціалістом, а їх зведення до вигляду, зручного для використання у комп'ютері виконує програміст. Найпоширенішою і природною формою представлення знань у системі є їх запис у вигляді професійних правил або тверджень типу "якщо..., то...". Ліва частина такого правила представляє поєднання фактів або ознак, які характеризують деяку умову, а права частина вказує на дію або висновок, що відповідає за досвідом спеціаліста наявній ситуації [1, 3].

Для представлення знань у експертних системах використовують найрізноманітніші способи. Найпоширеніші способи представлення знань використовують продукції

(семантичні мережі). Продукція представляє порцію (квант) знання у формі правила типу "якщо..., то...".[1,2]

Представимо практичне застосування частини бази знань в економічних процесах при оцінюванні рівня динамічного розвитку підприємства в регіональному аспекті розвитку.

#### База знань 1 для змінної $\gamma$ та нечіткі логічні висловлювання.

##### Вхідні змінні:

$y_1$  - рівень впровадженні інноваційних процесів на підприємстві в регіоні (Н, НС, С, ВС, В);

$y_2$  - рівень впровадженні інвестицій та оновлення основних засобів на підприємстві з врахуванням євро стандартів(Н,НС,С,ВС,В);

$y_3$  -врахування екзогенних та ендогенних ризиків для виробничої діяльності регіону; (Н,С,В);

$y_4$  - врахування європейських стандартів якості виробництва та надання послуг (Н, НС,С,В);

$y_5$  - рівень інфляційних процесів в регіоні (Н,НС,С,ВС,В);

$y_6$  - рівень безробіття в регіоні(Н,НС,С,ВС,В);

Вихідна змінна:

$\gamma$  - рівня динамічного розвитку підприємства в регіональному аспекті розвитку. ( $\gamma_1$  - високий,  $\gamma_2$  - вище за середній,  $\gamma_3$  - середній,  $\gamma_4$  - нижче за середній,  $\gamma_5$  - низький.

Продемонструємо приклад нечітких логічних висловлювань, які застосовуються в економічних системах :

Якщо [ $y_1 = B$ ] та [ $y_2 = B$ ] та [ $y_3 = B$ ] та [ $y_4 = B$ ] та [ $y_5 = B$ ] та [ $y_6 = B$ ] та [ $y_7 = B$ ] або якщо [ $y_1 = BC$ ] та [ $y_2 = B$ ] та [ $y_3 = B$ ] та [ $y_4 = B$ ] та [ $y_5 = B$ ] та [ $y_6 = B$ ]

або якщо [ $y_1 = BC$ ] та [ $y_2 = BC$ ] та [ $y_3 = B$ ] та [ $y_4 = B$ ] та [ $y_5 = B$ ] та [ $y_6 = B$ ]

то  $\gamma = \gamma_1$ ;

або якщо [ $y_1 = B$ ] та [ $y_2 = BC$ ] та [ $y_3 = B$ ] та [ $y_4 = B$ ] та [ $y_5 = BC$ ] та [ $y_6 = BC$ ] або якщо [ $y_1 = BC$ ] та [ $y_2 = B$ ] та [ $y_3 = B$ ] та [ $y_4 = B$ ] та [ $y_5 = BC$ ] та [ $y_6 = BC$ ]

або якщо [ $y_1 = BC$ ] та [ $y_2 = BC$ ] та [ $y_3 = B$ ] та [ $y_4 = B$ ] та [ $y_5 = BC$ ] та [ $y_6 = C$ ] то  $\gamma = \gamma_2$ ;

Для реалізації чіткого логічного висновку необхідно здійснювати перехід від висловлювань до нечітких логічних рівнянь. Ці рівняння отримують через заміну значень  $x_{ij}$  на значення їх функцій належності  $\mu_{x_{ij}}(x_i)$  параметра  $x_i \in \underline{X}_i$ ,  $x_i$  нечіткому терму  $x_{ij}$  «або» нечітко-логічним операціям « $\wedge$ », « $\vee$ ». Вага правил враховується через добуток нечіткого виразу, який відповідає кожному рядку бази і відповідного значення ваги  $\omega_i$ . [3]

На рисунку 1. Представимо наочно, як візуалізується зв'язки при побудові нейронних систем оцінювання діяльності економічних об'єктів.

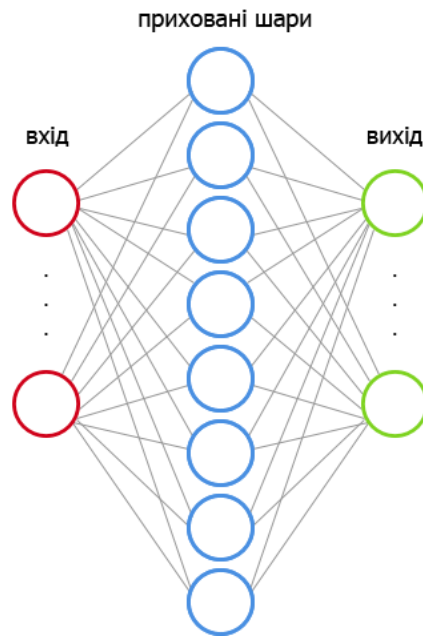


Рисунок 1. Візуалізація нейронної мережі на основі побудованих бази даних та логістичної бази знань

Дослідження та впровадження знань щодо практичного застосування нейронних мереж та інформаційних систем на основі штучного інтелекту, відкриває величезні можливості перед сучасними підприємствами, компаніями та фінансовими інституціями, оскільки ми чітко бачимо світову тенденцію щодо зміщення діяльності економічних об'єктів у цифровий формат, тобто продажі товарів та послуг через Інтернет-магазини, зберігання фінансово-економічної інформації банківських та інших фінансових інвестицій в «google clouds», Тому на нашу думку є актуальним питанням наукових досліджень та практичного впровадження для національних підприємств та компаній використання ІС та методи опрацювання економічної та фінансової діяльності з використанням ІС на основі нейронних мереж та штучного інтелекту.

#### Перелік використаних джерел:

1. Rohatynskiy R. Modeling the development of machine-building industry on the basis of the fuzzy sets theory / R. Rohatynskiy, N. Harmatiy, I. Fedyshyn, Dmytriv, D. // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 2. С. 74-81. URL: [<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32116>]
2. R. Rohatynskiy. \ R Rohatynskiy , N Harmatiy, H Humeniuk, N Marynenko Development of Model for Assessing the Level of Multipurpose Water Use and Protection by Economic-Mathematical Modeling. 2019. URL: [<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/29505>]
3. Н.М. Гарматій Економіко-математичні методи в управлінні процесами реалізації інвестиційних проектів в умовах невизначенності у галузі зв'язку Тернопіль: ТзОВ" Видавництво Астон", 2013. 200 с. URL: [<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27950>].