

УДК: 331.103.22

**Володимир В. Осталецький**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*  
**НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ В  
УМОВАХ РИЗИКУ НА ЗАСАДАХ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ**

*У статті представлено результати дослідження щодо вдосконалення методики нейромережевого моделювання процесу виконання проекту на основі застосування нечіткої логіки та нейронних мереж. Шляхом вдосконалення методики оцінки ефективності процесу виконання проекту на різних етапах його реалізації розроблено підхід для створення нейромережевої моделі процесу виконання проекту з урахуванням ресурсних обмежень.*

*Ключові слова:* нейронні мережі; нечітка логіка; управління проектами; процесний підхід, невизначеність.

**Владимир Б. Осталецкий**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*  
**НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ  
В УСЛОВИЯХ РИСКА НА ПРИНЦИПАХ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА**

*В статье представлены результаты исследования по усовершенствованию методики нейросетевого моделирования процесса выполнения проекта на основе применения нечеткой логики и нейронных сетей. Путем усовершенствования методики оценки эффективности процесса выполнения проекта на разных этапах его реализации разработан подход для создания нейросетевой модели процесса выполнения проекта с учетом ресурсных ограничений.*

*Ключевые слова:* нейронные сети; нечёткая логика; управление проектами; процессный поход, неопределённость.

**Vladimir B. Ostaletskyi**

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*  
**NEURALNETWORK MODELLING OF RISK PROJECT MANAGEMENT PROCESSES  
WITHIN THE FRAMEWORK OF PROJECT DELIVERY EFFICIENCY CRITERIA  
EVALUATION**

*The paper presents the research findings on the improvement of neural network modelling methods for project delivery process based on the application of fuzzy logic and neural networks. Through enhancing the methods for project delivery process efficiency evaluation at different stages of its implementation an approach has been developed to design a neural network model of project delivery process subject to resource scarcity.*

*Keywords:* neural network; fuzzy logic; project management; process approach, uncertainty.

**Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями** Процес управління проектом на високотехнологічному підприємстві є

системою взаємопов'язаних і взаємоузгоджених у часі елементів: робіт та подій [7, с. 34, 38, 297-298]. Процесний підхід розглядає проект як комплекс дій, що має на меті перевести об'єкт управління із одного стану в інший. Управління проектом характеризується також наявністю ризику, невизначеності, множини ймовірних подій на кожній стадії реалізації із притаманним кожній події визначеним діапазоном ймовірності її настання та ступеня її вираження, що оцінюється за визначеними критеріями [8, с. 32-33, 528, 626].

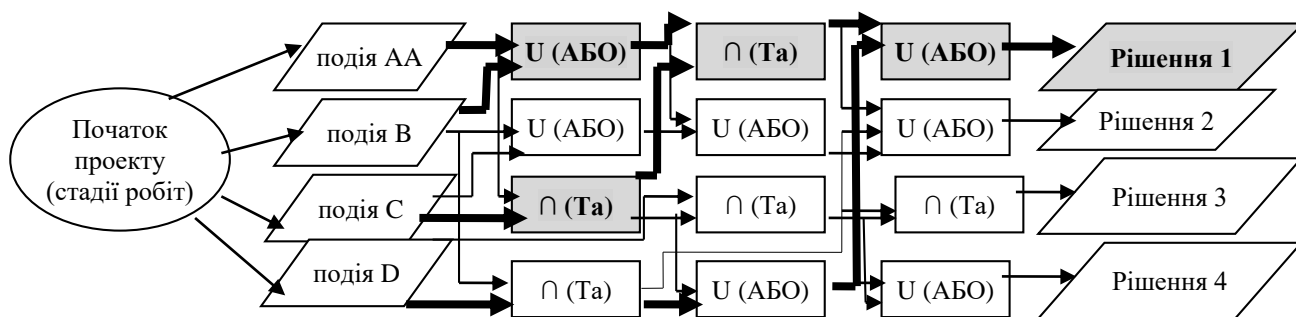
**Аналіз останніх публікацій по проблемі** В умовах невизначеності ефективно управління проектами високотехнологічних виробництв доцільно здійснювати на засадах застосування новітніх розробок у теорії прийняття рішень та систем штучного інтелекту, однією з яких є концепція штучних нейронних мереж. Штучні нейронні мережі є математичним інструментарієм, який являє собою відтворювач складних нелінійних функціональних залежностей, зокрема, із застосуванням інструментарію нечіткої логіки – роботи із нечіткими множинами (автор перших розробок – Лотфі Заде, Каліфорнійський університет, 1965 р.) [10; 2, с. 43-47]. В Україні наукові дослідження щодо створення економіко-математичних моделей на підґрунті теорії нечітких множин були започатковані професором К. Ф. Ковальчуком [9, с 10-27; 2, с. 94-97].

**Невирішені частини дослідження** Завдання дослідження полягає у:

- розробці моделі процесу виконання проекту на основі застосування нечіткої логіки та концепції нейронних мереж;
- побудові алгоритму, який доцільно буде використовувати при моделюванні процесу прийняття управлінських рішень у виконанні проектів.

**Виклад основних результатів та їх обґрунтування** Особливістю прогнозування значень економічних показників у часі із застосуванням нечіткої логіки та нейронних мереж є те, що прогноз отримується шляхом подання регресійних рівнянь у нечіткій формі, із застосуванням лінгвістичних змінних [1; 2, с. 17-40]. Наприклад, для лінгвістичної змінної «Падіння обсягів виробництва» існує можливість сформувати множину можливих значень (область визначення функції): {Незначне, Помітне, Істотне, Катастрофічне}, тощо [2, с. 95]. При цьому з'являється можливість проведення аналізу показників і здійснення прогнозу із урахуванням встановленого набору правил – логічних висловлювань: якщо, тоді; та, або.

Аналіз ситуації та прийняття управлінського рішення у нейро-нечіткій системі здійснюється на основі роботи із систематизованою базою знань, яка сформована із сукупності попередньо зібраних значень показників проекту за визначений період часу. Основні принципи формування бази знань нейрон-нечітких систем є наступними: копіювання навчальної вибірки у базу знань і формування правил для кожного варіанту розвитку подій; оптимізація кількості правил; скорочення простих правил із збереженням їх логічного змісту; конструювання складних правил [3, с. 45-50]. Приклад спрощеного для зручності схематичного відображення процесу прийняття управлінського рішення на основі сформованих правил, який відбувається, з деякими поправками, у нейромережі з трьома шарами нейронів, зображено на рис. 1. Логічну формулу одного із правил (виділений жирним маршрут розповсюдження імпульсу), на основі яких працює система, наведено (1).



**Рис. 1. Схемотехнічне відображення процесу прийняття управлінського рішення при певних комбінаціях подій**

$$IF (A \cup B) \cap (C) \cup (D) THEN \text{Рішення 1}, \quad (1)$$

де:  $(A \cup B)$  – логічна операція на 1-му шарі нейронів;  $\cap (C)$  – логічна операція на 2-му шарі нейронів;  $U (D)$  – логічна операція на 3-му шарі нейронів.

Траєкторія проходження імпульсу залежить від характеристик нейронів, які формуються у процесі навчання нейромережі на основі попередньо сформованої бази знань [6, с. 40–50]. На нашу думку, основні цілі застосування нейромережевого моделювання у проектному менеджменті полягають у використанні можливості прогнозувати ймовірні проблеми на якомога більш ранніх стадіях виконання проекту та попередньому оцінюванні того впливу, який вони здатні спричинити щодо кінцевих результатів проекту. При цьому важливо зуміти передбачити, які додаткові ресурси можуть знадобитись для вчасного та якісного завершення проекту з урахуванням ймовірних ризиків. Найбільш поширеними у літературі з управління проектами індикаторами моніторингу процесу виконання проекту є комплексні параметри, які доцільно застосовувати для оцінки процесу виконання проекту як при його завершенні, так і на проміжних стадіях виконання:

- 1) бюджет проекту – обсяг фінансових ресурсів, які є необхідними для виконання всього проекту або певних його етапів;
- 2) час – найбільш дорогий ресурс, оскільки не існує можливості накопичити його або повернути, коли він втрачений;
- 3) результати проекту – це конкретні значення показників, які були прийняті за критерій оцінки досягнення цілей проекту, у різних проектах вони бувають різними (наприклад: збільшення продажів на 5 %, підвищення рівня рентабельності виробництва на 10 %, тощо);
- 4) якість – показники, які характеризують рівень якості кінцевого продукту, створення якого було метою проекту;
- 5) ризик – рівень настання непередбачуваних негативних подій у процесі виконання проекту або окремих його етапів [5, с. 114].

Запропонована нами модель оцінки ефективності виконання проекту враховує описані вище п'ять параметрів. Для демонстрації виконання розрахунків для запропонованої моделі наведено вхідні дані у виділених рядках табл. 1. Ефективність, за класичним визначенням, являє собою відношення ресурсів, затрачених на досягнення певного результату, до самого результату [4, с. 601]. За описаною нами методикою, ефективність виконання стадії проекту вимірюється на основі оцінки співвідношення між запланованим обсягом витрат ресурсів і фактично витраченим обсягом, методом експертних оцінок, де, для зручності, повний обсяг

запланованих витрат ресурсів прийнятий за "100". Відповідно, якщо фактичний обсяг, наприклад, «80» - то це означає, що заплановані виділені ресурси були витрачені лише на 80%. Формулу розрахунку ефективності наведено (2).

$$E_{\text{вик.}} = ((E_{\text{план.}}/E_{\text{факт.}})-1) \times 100 \%, \quad (2)$$

де:  $E_{\text{вик.}}$  – ефективність виконання стадії проекту;  $E_{\text{план.}}$  – запланований обсяг витрат ресурсів;  $E_{\text{факт.}}$  – фактичний обсяг витрат ресурсів.

Для подальшого внесення значень показників ефективності у нейромережеву модель та застосування апарату нечіткої логіки пропонується присвоювати показникам лінгвістичні змінні: якщо показник менший «0» – «негативна ефективність» (витрачається більше, ніж було заплановано) – код «1»; 0-9% – «низька ефективність» – код «2»; 10-19% – «середня ефективність» – код «3»; 20% і більше – «висока ефективність» – код «4» (табл. 1).

Таблиця 1

**Матриця для аналізу процесу виконання проекту на основі оцінки ефективності використання ресурсів [розроблено автором]**

	Індикатор	Стадії проекту									
		Стадія 1	Стадія 2	Стадія 3	....	....	....	....	....	....	Стадія N
Ефективність за бюджетом	План	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Факт *	150	120	90	70	110	130	80	95	105	97
	Ефективність у %	-33,33	-16,67	11,11	42,86	-9,09	-23,08	25,00	5,26	-4,76	3,09
	Лінгвістичне значення	1	1	2	4	1	1	4	2	1	2
Ефективність за часом	План	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Факт *	60	107	92	68	85	45	88	91	103	72
	Ефективність у %	66,67	-6,54	8,70	47,06	17,65	122,22	13,64	9,89	-2,91	38,89
	Лінгвістичне значення	4	1	2	4	3	4	3	2	1	4
Ефективність за результатами	План	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Факт *	75	108	120	170	80	74	125	130	82	66
	Ефективність у %	33,33	-7,41	-16,67	-41,18	25,00	35,14	-20,00	-23,08	21,95	51,52
	Лінгвістичне значення	4	1	3	1	4	4	1	1	4	4
Ефективність за якістю	План	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Факт *	120	75	88	105	115	108	133	205	64	81
	Ефективність у %	-16,67	33,33	13,64	-4,76	-13,04	-7,41	-24,81	-51,22	56,25	23,46
	Лінгвістичне значення	1	4	3	1	1	1	1	1	4	4
Ефективність за ризиком	План	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Факт *	63	122	87	67	84	107	135	170	55	44
	Ефективність у %	58,73	-18,03	14,94	49,25	19,05	-6,54	-25,93	-41,18	81,82	127,27
	Лінгвістичне значення	4	1	3	4	3	1	1	1	4	4

\* Числові дані, наведені у рядках «Факт», не є даними, взятими з реального проекту; ці дані згенеровані методом випадкових чисел та наведені у таблиці для наочної демонстрації процесу застосування наведеної у статті методики розрахунку.

Вхідний масив для створення нейромережевої моделі доцільно сформуванати на основі лінгвістичних змінних із табл. 1 так, як показано у табл. 2. Графічне зображення лінгвістичних значень параметрів оцінки та їх порівняння на різних стадіях виконання проекту виглядатиме наступним чином (рис. 2). Таким чином, можна зазначити, що:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5), \quad (3)$$

де:  $Y$  – загальна кінцева ефективність проекту;  $x_1$  – ефективність за бюджетом;  $x_2$  – ефективність за часом;  $x_3$  – ефективність за результатами;  $x_4$  – ефективність за якістю;  $x_5$  – ефективність за ризиком.

Таблиця 2

Вхідні дані для створення моделі процесу управління проектом [розроблено автором]

№	Стадія проекту	Параметри оцінки виконання проекту				
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
		Ефективність за бюджетом	Ефективність за часом	Ефективність за результатами	Ефективність за якістю	Ефективність за ризиком
1	Стадія 1	1	4	4	1	4
2	Стадія 2	1	1	1	4	1
3	Стадія 3	2	2	3	3	3
4	.....	4	4	1	1	4
5	.....	1	3	4	1	3
6	.....	1	4	4	1	1
7	.....	4	3	1	1	1
8	.....	2	2	1	1	1
9	.....	1	1	4	4	4
10	Стадія N	2	4	4	4	4
11	Середня ефективність по проекту	2	3	3	2	3

Виходячи із вищенаведеного, завдання для створеної нейронної мережі полягатиме у знаходженні параметрів залежності « $f$ » між вхідним масивом « $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ » та вихідним масивом « $Y$ ».

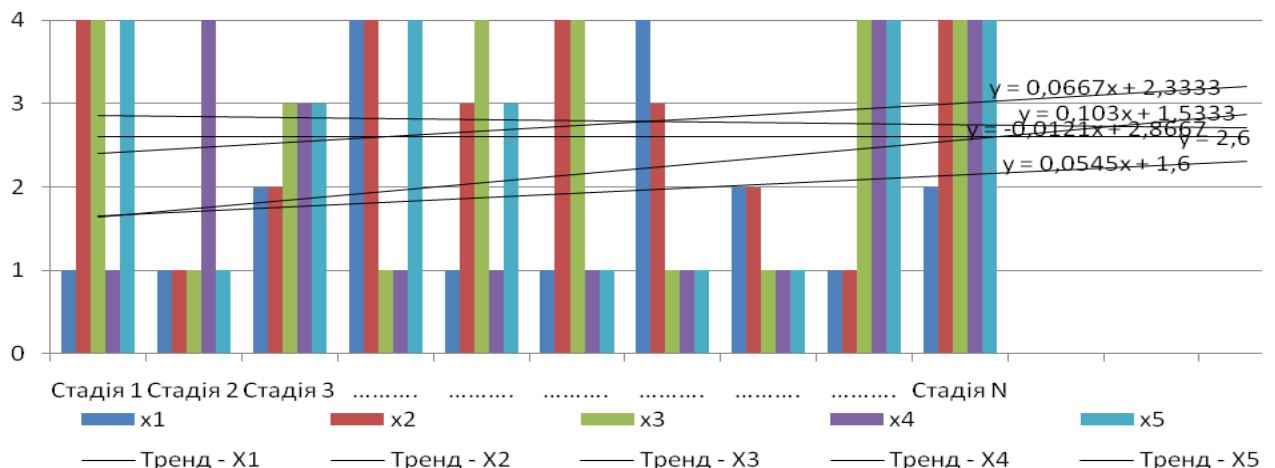


Рис. 2. Графічне відображення лінгвістичних значень параметрів оцінки процесу виконання проекту [розроблено автором на основі даних табл. 2]

Алгоритм створення нейромережевої моделі на основі приведених вище розрахункових даних полягає у здійсненні наступних кроків: на основі вхідних змінних ( $x$ ) та результату ( $Y$ ) сформулювати модель, за допомогою якої доцільно буде з високою ймовірністю прогнозувати успіх або провал проекту (за рівнем ефективності використання ресурсів) на основі аналізу виконання перших 30-40% робіт; сформулювати рекомендації щодо допустимих меж значень параметрів ефективності (змінних " $x$ ") на ранніх стадіях, при досягненні яких успішне виконання проекту є реально можливим з високим рівнем ймовірності при заданих обсягах доступних ресурсів; на основі інформації, отриманої у процесі виконання попередніх кроків, визначити, чи слід продовжувати виконання проекту у заданих умовах і чи не призведе це до необґрунтованих збитків для підприємства.

**Висновки та перспективи подальших досліджень** 1. На основі дослідження літературних джерел розглянуто підходи до застосування інформаційних технологій в управлінні проектами із застосуванням нечіткої логіки та нейронних мереж. Сформовано підхід для створення нейромережевої моделі процесу виконання проекту шляхом удосконалення методики оцінки ефективності процесу виконання проекту на різних етапах його реалізації з врахуванням ресурсних обмежень через введення лінгвістичних параметрів оцінки ефективності.

2. У результаті проведеного дослідження отримано удосконалену методику, яку доцільно застосовувати при подальшій розробці нейромережевої моделі виконання проекту для аналізу та прогнозування процесу виконання на ранніх стадіях. Наведено схему розрахунку показників та побудови вхідного масиву даних для створення нейромережевої моделі.

3. Перспективами подальших досліджень є розробка нейромережевої моделі прогнозування процесу виконання проекту на основі аналізу взаємозв'язку вхідного та вихідного масиву параметрів за зразком табл. 2. Дана методика, яка розроблена на основі удосконаленої методики оцінки ефективності виконання проекту, наведеної у джерелах [4, с. 601; 5, с. 114] може бути використана при створенні нейромережевої моделі виконання проекту.

### Література

1. Dunska, A.R., Polischuk, A.S. (2014). *Nechitka logica v strategichnomy upravlinni zovnishnoeconomichnoy diyalnisty vitchusnyanuh pidpriemstv [Fuzzy logic, management]*. Economic Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". - 2014. - № 11. - P. 563-571. – Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi\\_2014\\_11\\_86](http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi_2014_11_86)
2. Matviychuk, A.V. (2011). *Shtuchnijintelectvekonomitci: neuronnimerezshi, nechitkalogica [Artificial intellect in economics, theory of decision-making]*. Kyiv: KNEU [InUkrainian].
3. Klebanova, T.S., Chagovetc, L.O., Panasenko, O.V. (2011). *Nechitkalogicataneuronnimerezshivupravlinnipidpriumstvom [Fuzzy logic in economics and management]*. Natsionalna Akademiya Nauk, Centr industrialnuh problem rozvytku, Kharkiv [InUkrainian].
4. Krush, P.V., Podvigina, V.I., Serdjuk, B.M. (2009). *Economica pidpriumstva [Economy of enterprises, management]*. Kyiv: «Elga – N» [InUkrainian].

5. Afanasjev, M.V., Ippolitova, I.Y. (2008). *Proektnij analiz: konspekt lektsij [Project management and project analysis]*. Kharkiv: HNEU [In Ukrainian].
6. Barskiy A. B. (2007). *Nejronnietseti: raspoznavaniye, upravleniye, prinyatireshenij [Neuronnet, theory of decision-making]*. Moskva: Finansuistatistika [in Russian].
7. Archibald R. (2004). *Upravleniye vysokotekhnologichnykh programami i proektami [Project management, enterprise management]*. Moskva [in Russian].
8. Bushuev, S.D. (2001). *Slovnnyuk – dovidnyuk iz pitanj upravlinnya proektamy [Project management theory and methodology]*. Kyiv: Ukrainska asociaciya upravlinnya proektami, «Dilova Ukraina» [In Ukrainian].
9. Kovalchuk, K.F., Kuznetsov, M.S., Karlov, V.I. (1985). *Tehnologiya proektirovaniya program sistemy mashinnoi obrabotki ekonomicheskoi informatsii [Data processing]*. Dnepropetrovsk: DMGTI [In Russian].
10. Zade, L. (1970). *Teoriya lineinykh system. Prostranstvo sostoyanij [System analysis, fuzzy logic]*. Moskva: Nauka [In Russian].