

*Все, что познается, имеет число,
ибо невозможно ни понять ничего,
ни познать без него.
Пифагор*

Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

УДК 330.322.54

JEL Classification: C02; D81; G11

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Чернов В. Г.
Дорохов О. В.**

В умовах глобалізованої економіки завдання контролю, моніторингу, оцінювання рівня інноваційного розвитку, прогнозування його динаміки є важливими як для окремих підприємств, так і територій загалом.

Однак здійснення інноваційної економічної діяльності та її оцінювання відбуваються в умовах значної невизначеності, тому застосування інтелектуальних систем ухвалення рішень на основі математичних та комп'ютерних засобів аналізу невизначеностей стає необхідністю. Нові можливості моделювання надає поєднання інструментарію теорії нечітких множин та апарату нейронних мереж, забезпечене підтримкою відповідного програмного забезпечення. Для вирішення проблеми запропоновано застосувати так звані гібридні нейро-нечіткі системи, що поєднують елементи нечіткої логіки та нейронних мереж.

Як інструментальний засіб для створення відповідної моделі такої нейро-нечіткої системи розглянуто і використано підсистему *ANFIS* середовища моделювання *Matlab*.

У процесі моделювання розроблено структуру факторів, що визначають рівень інноваційного розвитку, наведено формалізоване встановлення завдання.

Розроблено та описано архітектуру відповідної системи нечіткого висновку у вигляді нейро-нечіткої мережі *ANFIS*, яка реалізує систему нечіткого висновку типу *Sugeno*. Докладно подано послідовність розроблення та комп'ютерної реалізації моделі. Наведено приклад практичних обчислень за розробленою моделлю і проаналізовано основні результати.

На основі побудованої моделі оцінено вплив факторів та умов на рейтингову оцінку інноваційного розвитку.

Запропонований підхід до використання нейро-нечіткої моделі оцінювання інноваційного розвитку дозволяє прогнозувати рейтингову оцінку в майбутньому. Досягнуті результати підтвердили можливість практичного застосування таких моделей для прогнозування підсумкової рейтингової оцінки інноваційного розвитку.

Ключові слова: нейро-нечітке моделювання, інноваційне прогнозування, оцінювання інноваційного розвитку.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Чернов В. Г.
Дорохов А. В.**

В условиях глобализации экономики задачи контроля, мониторинга, оценки уровня инновационного развития, прогнозирования его динамики важны как для отдельных предприятий, так и территорий в целом.

Однако осуществление инновационной экономической деятельности и ее оценка происходят в условиях значительной неопределенности, поэтому применение интеллектуальных систем принятия решений на основе математических и компьютерных средств обработки неопределенностей становится необходимостью. Новые возможности моделирования дает соединение инструментария теории нечетких множеств и аппарата нейронных сетей, обеспеченное поддержкой соответствующего программного обеспечения.

Для решения проблемы предложено применить гибридные нейро-нечеткие системы, сочетающие элементы нечеткой логики и нейронных сетей. В качестве инструментального средства для создания соответствующей модели такой нейро-нечеткой системы рассмотрена и использована подсистема *ANFIS* среды моделирования *Matlab*.

В процессе моделирования разработана структуризация факторов, определяющих уровень инновационного развития, приведена формализованная постановка задачи.

Разработана и описана архитектура соответствующей системы нечеткого вывода в виде нейро-нечеткой сети *ANFIS*, которая реализует систему нечеткого вывода типа *Sugeno*. Подробно представлены последовательность разработки и компьютерной реализации модели. Приведен пример практических вычислений по разработанной модели и проанализированы основные результаты.

На основе построенной модели оценено влияние факторов и условий на рейтинговую оценку инновационного развития. Предложенный подход к использованию нейро-нечеткой модели оценки инновационного развития позволяет прогнозировать рейтинговую оценку в будущем. Полученные результаты подтвердили возможность практического применения таких моделей для прогнозирования итоговой рейтинговой оценки инновационного развития.

Ключевые слова: нейро-нечеткое моделирование, инновационное прогнозирование, оценка инновационного развития.

THE METHODOLOGY OF INNOVATION DEVELOPMENT EVALUATION USING NEURO-FUZZY MODELING

**V. Chernov
O. Dorokhov**

In a globalized economy the tasks of the control, monitoring and evaluation of the level of innovative development, prediction of its dynamics are very important for both individual companies and territories on the whole.

However, the implementation and evaluation of innovative economic activities take place under the conditions of considerable uncertainty, so the use of intelligent decision support systems

based on mathematical and computer processing of uncertainty becomes a necessity. New modeling possibilities are provided by the combination of the fuzzy set theory tools and neural network instruments which is supported by relevant software.

To solve the problem, the use of hybrid neuro-fuzzy systems which combine the elements of fuzzy logic and neural networks has been proposed. The subsystem ANFIS from the Matlab simulation environment has been considered and used as a tool for the creation of an appropriate model of such neuro-fuzzy systems.

The structuring of factors determining the level of innovation has been developed and a formalized statement of the problem has been given in the modeling.

The architecture of the corresponding system of fuzzy inference in the form of a neuro-fuzzy network ANFIS, which implements the fuzzy inference system Sugeno has been presented and described. The sequence of the development and implementation of the computer model has been presented in detail. An example of practical calculations of the developed model has been supplied and the main results have been analyzed.

On the basis of the constructed model the impact of factors and conditions on the rating of innovation development has been estimated. The proposed approach to the use of the neuro-fuzzy model of innovative development evaluation makes it possible to predict the rating in the future. The results have confirmed the possibility of practical application of such models to predicting the total rating of innovative development.

Keywords: neuro-fuzzy modeling, innovation forecasting, evaluation of innovation development.

Рівень інноваційного розвитку, його аналіз та прогнозування є важливими складовими частинами в управлінні економічною діяльністю як окремих підприємств, так і галузей народного господарства, регіонів і територій [1 – 4]. Як відомо, у процесі здійснення інноваційної економічної діяльності процеси оцінювання, вибору й ухвалення економічних рішень відбуваються в умовах значної структурної, часової та іншої невизначеності, тому застосування інтелектуальних когнітивних систем підтримки відповідних управлінських рішень стає нагальною потребою, оскільки наявні класичні методи оцінювання передбачуваних результатів не забезпечують правильність та достовірність, стають ненадійними за умови нестаціонарності, нестабільності, відсутності чіткої моделі досліджуваного явища [5 – 8].

Водночас сучасні перспективні інструменти прогнозування, нейро-нечіткі мережі успішно виявляють себе за великих обсягів неявних, взаємопов'язаних вхідних даних, а тому, відповідно, їх може бути застосовано й для оцінювання рівня інноваційного розвитку [9; 10].

Зазвичай, за відсутності чіткої (за вхідними даними та правилами ухвалення рішень) єдиної математичної моделі задачі та недостатніх попередніх знань нейро-нечітка система використовує специфічні лінгвістичні правила, тобто відповідні вхідні і вихідні змінні має бути описано лінгвістично, а подальше опрацювання моделі, управління та аналіз здійснено за допомогою нейронних мереж.

Таким чином, за допомогою нейро-нечіткої системи можна змоделювати певний рейтинговий інноваційний статус. Основною проблемою у процесі розроблення такої моделі є формування системи критеріїв оцінювання і встановлення рейтингових норм.

Безпосередньою метою дослідження є обґрунтування та опрацювання принципової можливості нейро-нечіткого моделювання рівня інноваційного розвитку, його

оцінювання та вироблення практичної послідовності здійснення такого моделювання в сучасних програмних продуктах, а саме в системі *Matlab*.

На рейтингову оцінку інноваційного розвитку регіону впливає низка факторів і умов, оцінювання яких зазвичай здійснено в балах і, відповідно, підсумковий рейтинг впливає з агрегованих величин вхідних і вихідних інноваційних індексів.

Щодо структуризації факторів, що визначають рівень інноваційного розвитку, не претендуючи на повноту, розглянемо деякі з них і умови, що можуть визначати рівень інноваційного розвитку певного підприємства або регіону. Обмеження кількості факторів, обраних для розгляду, спричинене намаганням створити просту початкову модель лише для доведення принципової можливості та доцільності пропонованого підходу.

Слід розглянути три групи факторів, котрі можна класифікувати таким чином, як наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фактори інноваційного розвитку
[The factors of innovation development]

Позначення	Назва	Опис
1	2	3
IP(t)	Інноваційний потенціал	Регіональне багатство (природний, фізичний капітал або індустріальна база, людський капітал, фінансовий капітал, фізична інфраструктура (інформаційно-комунікаційний капітал))

Закінчення табл. 1

1	2	3
IE(t)	Інноваційне середовище	Інноваційна політика, інноваційна культура
IR(t)	Результативність інноваційного процесу	Винаходи, інновації, дифузія

Розглянемо вектор $F = \{f_k(t), k = \overline{1, K}\}$ факторів і умов, що впливають і визначають рівень інноваційного розвитку регіону, тобто $F = \{f_k(t), k = \overline{1, K}\} \rightarrow I$, де $I = \{I_l(t), l = \overline{1, L}\}$.

Графічно цю ситуацію можна зобразити у вигляді ієрархічного дерева логічного висновку, наведеного на рис. 1.

Елементами цього дерева є на першому рівні вхідні змінні $\{f_k(t), k = \overline{1, K}\}$, тобто окремі елементарні фактори впливу, котрі на другому рівні об'єднуються в агреговані фактори впливу, зокрема це IP(t) – група показників інноваційного потенціалу в момент часу t; IE(t) – група показників інноваційного середовища, IR(t) – група показників результативності інноваційного процесу. Нарешті, на третьому рівні як вихідна змінна перебуває кінцева кумулятивна оцінка рівня інноваційного розвитку $\sum I$. Ієрархічний взаємозв'язок між вхідними змінними, їх агрегованими класами і вихідною змінною, інтегральним показником (див. рис. 1) можна також подати таким формальним співвідношенням $I = f_R(IP(t), IE(t), IR(t))$.

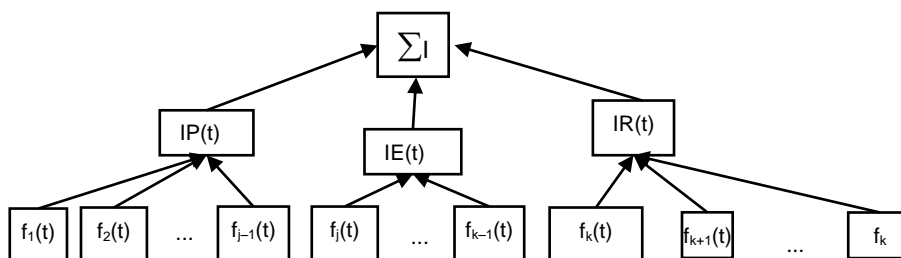


Рис. 1. Ієрархічне дерево логічного висновку [A hierarchical tree of logical deduction]

У такій формі завдання оцінювання вхідних змінних зазвичай визначено експертами і наведено в числовій або бальній формі, водночас обґрунтовано довести коректність їх визначення досить часто або дуже важко, або просто неможливо. Тому є доцільним для вирішення цієї проблеми застосувати гібридні нейро-нечіткі системи, у яких поєднують елементи нечіткої логіки та нейронних мереж. У нашому дослідженні як таку нейро-нечітку систему висновку розглянуто і використано підсистему ANFIS середовища Matlab.

У випадку, що розглядають, для вихідної змінної I та класу вхідних змінних F, можна задати лінгвістичні змінні $L_F = \{l_{q,v_q} : v_q = \overline{1, V}, q = \overline{1, Q}\}$, та $L_F = \{l_{(t),p} : p_j = 1, \dots, P, j = 1, J\}$ із термами-множинами їх значень $T = \{T_i\}$ і відповідні нечіткі множини, що визначають функціями належності $\mu_F, \mu_i \in [0, 1]$.

Для класу вхідних змінних лінгвістичні значення і відповідні їм множини можуть бути, наприклад:

інноваційний потенціал = [низький, середній, високий] $\equiv IP(t) = [N_{IP}^-, N_{IP}, N_{IP}^+]$,

інноваційне середовище = [несприятливе, нейтральне, сприятливе] $\equiv IE(t) = [N_{IE}^-, N_{IE}, N_{IE}^+]$,

результативність інноваційного процесу = [зменшена, незмінна, збільшена] $\equiv IR(t) = [N_{IR}^-, N_{IR}, N_{IR}^+]$,

ступінь інноваційного розвитку регіону = [незадовільний, задовільний, високий] $\equiv I = [N_i^-, N_i, N_i^+]$,

де $[N^-, N, N^+]$, відповідно, мале, середнє і велике значення змінних.

Узагалі залежність інноваційного потенціалу від рівня розвитку інноваційного середовища, результативності та ступеня інноваційного розвитку має нелінійний характер. Проте часто виникають ситуації, коли недостатньо даних для визначення цієї залежності. Тому в цьому дослідженні передбачено, що лінгвістичні значення може бути задано за алгоритмом Sugeno [11], тобто:

$$N_{IP}^- = \text{LOW}(I) = A \times IP + B \times IE + C \times IR$$

$$N_{IP} = \text{MEDIUM}(I) = A \times IP + B \times IE + C \times IR$$

$$N_{IP}^+ = \text{HEIGHT}(I) = A \times IP + B \times IE + C \times IR,$$

де A, B, C – константи лінійного рівняння.

У підсумку, нечітке правило (*modus ponens*) $MP^{(j)}$, $j = \overline{1, J}$ буде мати такий вигляд:

$$MP = \begin{cases} MP^{(1)} : \text{if } IP(t) \text{ is } N_{IP}^+ \text{ and } IE(t) \text{ is } N_{IE}^+ \text{ and } IR(t) \text{ is } N_{IR} \text{ then } I \text{ is } N_i(F^{(1)}) \\ MP^{(2)} : \text{if } IP(t) \text{ is } N_{IP}^+ \text{ and } IE(t) \text{ is } N_{IE}^- \text{ and } IR(t) \text{ is } N_{IR} \text{ then } I \text{ is } N_i(F^{(2)}) \\ \dots \\ MP^{(j)} : \text{if } IP(t) \text{ is } N_{IP}^- \text{ and } IE(t) \text{ is } N_{IE}^- \text{ and } IR(t) \text{ is } N_{IR} \text{ then } I \text{ is } N_i(F^{(j)}) \end{cases}$$

Систему нечіткого висновку можна подати у вигляді нейро-нечіткої мережі ANFIS, яка реалізує систему

нечіткого висновку Sugeno та має архітектуру, наведену на рис. 2.

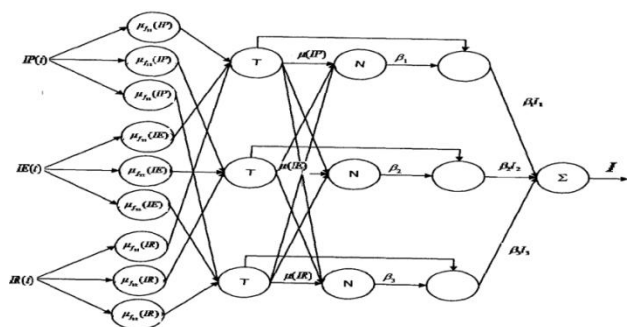


Рис. 2. Архітектура нейро-нечіткої мережі ANFIS для оцінювання рівня інноваційного розвитку регіону [Architecture of the neuro-fuzzy ANFIS network for evaluation of the region's innovative development level]

Першим шаром є входи, котрі є ступенями належності вхідних значень нечітких множин. У другому шарі перебувають нейрони, які обчислюють рівень істинності правила, згідно з операцією T-норми (нечіткого множення):

$$\begin{aligned} \mu(IP) &= \min \{ \mu_{f11}(IP), \mu_{f12}(IP), \mu_{f13}(IP) \}, \\ \mu(IE) &= \min \{ \mu_{f21}(IE), \mu_{f22}(IE), \mu_{f23}(IE) \}, \\ \mu(IR) &= \min \{ \mu_{f31}(IR), \mu_{f32}(IR), \mu_{f33}(IR) \}. \end{aligned}$$

Третій шар забезпечує виконання нормалізації рівнів істинності за формулами:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{\mu(IP)}{\mu(IP) + \mu(IE) + \mu(IR)}; \\ \beta_2 &= \frac{\mu(IE)}{\mu(IP) + \mu(IE) + \mu(IR)}; \\ \beta_3 &= \frac{\mu(IR)}{\mu(IP) + \mu(IE) + \mu(IR)}. \end{aligned}$$

У четвертому шарі мережі нормалізовані значення $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ перемножують із відповідними вихідними правилами: $\beta_1 I_1, \beta_2 I_2, \beta_3 I_3$. Нарешті, у п'ятому шарі обчислюють вихід мережі.

Припустимо, що необхідно на основі рейтингових оцінок за певний період визначити інноваційний індекс регіону в наступному періоді. Вхідними даними є відомі рейтингові оцінки (за шкалою від 0 до 100, де більше число відповідає вищій оцінці) інноваційного індексу на 5 років. Їх наведено в табл. 2. Зрозуміло, що для досягнення більш надійного результату, потрібна велика вибірка, але зазначений обсяг є достатнім для наочної демонстрації роботи моделі.

Таблиця 2

Вхідні рейтингові оцінки складових частин рівня інноваційного індексу [The input rating estimates for the components of the innovation index]

Періоди \ Дані	IP(t)	IE(t)	IR(t)	$\sum I$
1 період	2,13	0,65	1,89	2,34
2 період	2,40	0,81	2,47	2,84
3 період	2,40	0,81	2,47	2,84
4 період	23,50	13,60	28,90	33,00
5 період	26,80	12,30	29,90	34,50

Виконання завдання складається із двох етапів. На першому потрібно здійснити моделювання залежностей $I = ((IP + IE) + IR) / 2, I \in [0, 100]; IP \in [0, 35]; IE \in [0, 15]; IR \in [0, 30]$ із використанням системи нечіткого висновку типу *Sugeno*. Потім на другому виконують прогнозування за допомогою гібридної нейро-нечіткої мережі ANFIS.

Визначимо, як задано терми-множини змінних вербально-числовою шкалою, наведеною в табл. 3.

Таблиця 3

Терми вхідних лінгвістичних оцінок [Terms for input linguistic estimates]

Означення	Лінгвістична оцінка	Числове значення
Інноваційний потенціал $\equiv IP(t) = [N_{IP}^-, N_{IP}, N_{IP}^+]$	Низький	[0; 10; 20]
	Середній	[15; 20; 30]
	Високий	[25; 30; 35]
Інноваційне середовище $\equiv IE(t) = [N_{IE}^-, N_{IE}, N_{IE}^+]$	Несприятливе	[0; 5; 9]
	Нейтральне	[6; 8; 11]
	Сприятливе	[10; 12; 15]
Результативність $\equiv IR(t) = [N_{IR}^-, N_{IR}, N_{IR}^+]$	Зменшена	[0; 7; 15]
	Попередня	[10; 17; 23]
	Збільшена	[20; 25; 30]
Ступінь інноваційного розвитку $\equiv I = [N_I^-, N_I, N_I^+]$	Незадовільний	[0; 25; 45]
	Задовільний	[40; 60; 75]
	Високий	[70; 85; 100]

Послідовність практичних кроків створення та опрацювання запропонованої моделі в середовищі *Matlab* така. Створення моделі слід починати із введення команди *fuzzy* і вибору алгоритму нечіткого висновку *Fis* типу *Sugeno* в командному рядку програми (опції *FIS editor / New FIS / Sugeno*). Далі виконують додавання (створення) вхідних і вихідних змінних (опції *Edit / Add Variable*), тобто створюють модель нечіткого висновку, наведену на рис. 3.

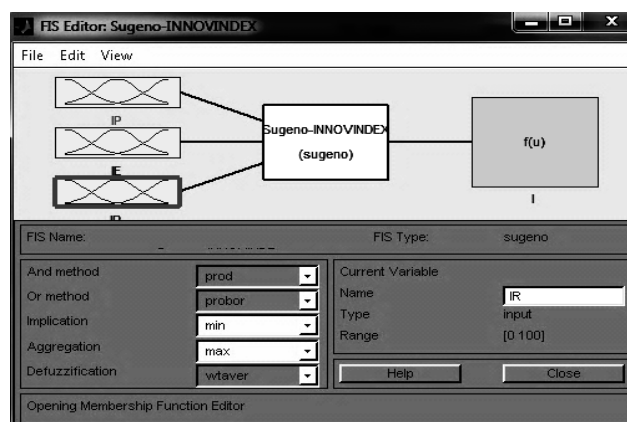


Рис. 3. Графічний інтерфейс FIS Editor [The graphical user interface of the FIS Editor]

Наступним кроком є визначення термів-множин і функцій належності для вхідних змінних (на рис. 4 наведено одну з них) та встановлення лінійної залежності для вихідної змінної (опція *Edit / Membership functions*), як показано на рис. 5.

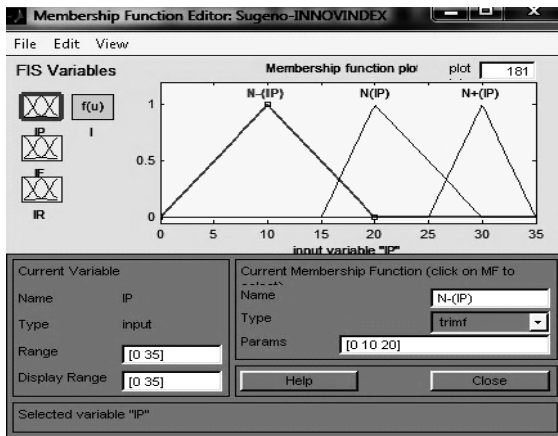


Рис. 4. Функція належності змінної IP в Membership Function Editor [The membership function of the variable IP in the Membership Function Editor]

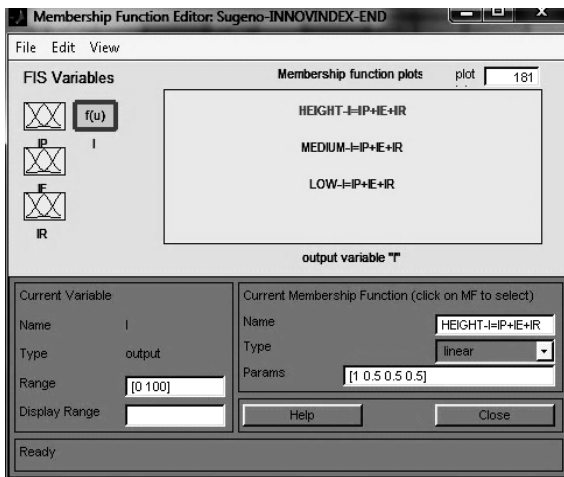


Рис. 5. Установлення лінійної залежності "входів" і "виходу" в Membership Function Editor [Setting the linear relationship between the "inputs" and "output" in the Membership Function Editor]

Слід зауважити, що лінійна залежність має вигляд $I = ((IP + IE) + IR) / 2$, а в програмі задано її у вигляді $I = IP + IR + IE$, тож відповідні константи лінійного рівняння будуть становити (1; 0,5; 0,5; 0,5). Подальше задавання нечіткої бази знань Sugeno наведено на рис. 6.

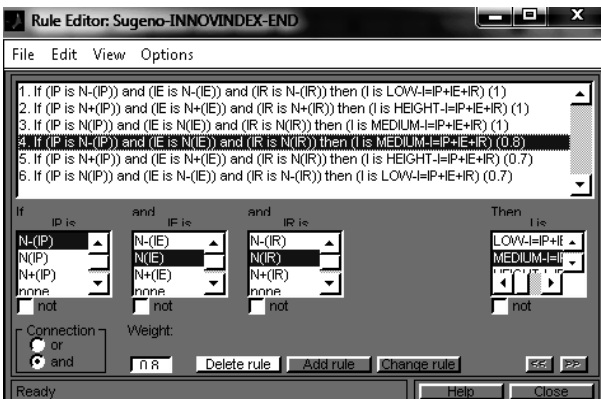


Рис. 6. База нечітких правил у Rule Editor [The base of fuzzy rules in the Rule Editor]

Завершує перший етап моделювання візуалізація нечіткого висновку (опція View / Rules), наведена на рис. 7.

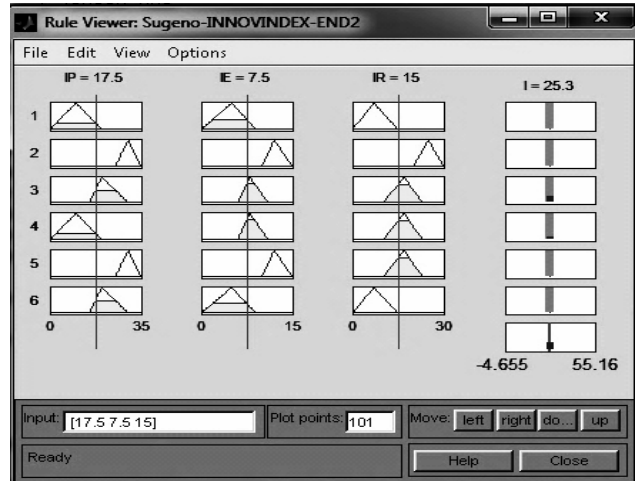


Рис. 7. Візуалізація нечіткого висновку Sugeno [Visualization of the Sugeno fuzzy inference]

Як можна побачити з наведеного на рис. 7 скріншоту, якщо інноваційний потенціал низький ($IP \in N_{IP}^- = 17,5$) та інноваційне середовище несприятливе ($IE \in N_{IE}^- = 7,5$) і результативність залишилася незмінною ($IR \in N_{IR} = 15$), то ступінь інноваційного розвитку незадовільний ($I \in N_I^- = 25,3$).

На другому етапі моделювання засобами нейронних мереж здійснено генерування та навчання нечіткої системи типу Sugeno. Для цього використано редактор ANFIS середовища Matlab.

Нейро-нечітка модель інноваційного індексу буде складатися із трьох вхідних змінних IC(t), IE(t), IR(t) та вихідної змінної $\sum I$. Спочатку необхідно завантажити дані для навчання мережі в редакторі ANFIS (опції Matlab / anfisedit / Load Data), як показано на рис. 8.

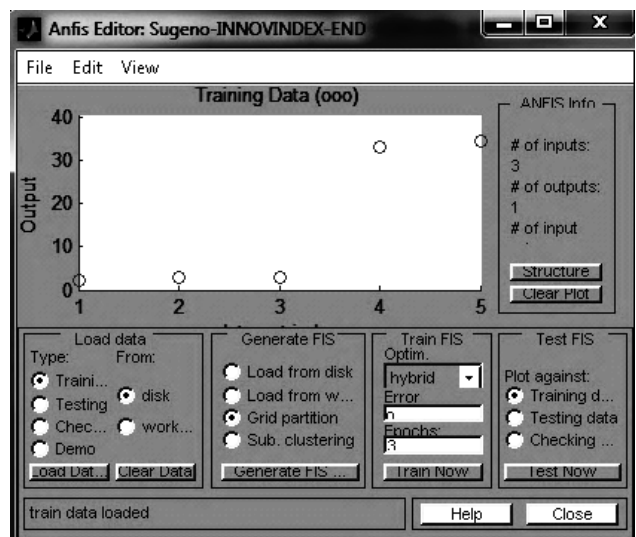


Рис. 8. Редактор ANFIS після завантаження даних для навчання мережі [ANFIS Editor after loading data for the network training]

Далі здійснено генерування структури системи нечіткого висновку *FIS* (опція *Generate FIS*), результат візуалізації якої (опція *Structure*) зображено на рис. 9.

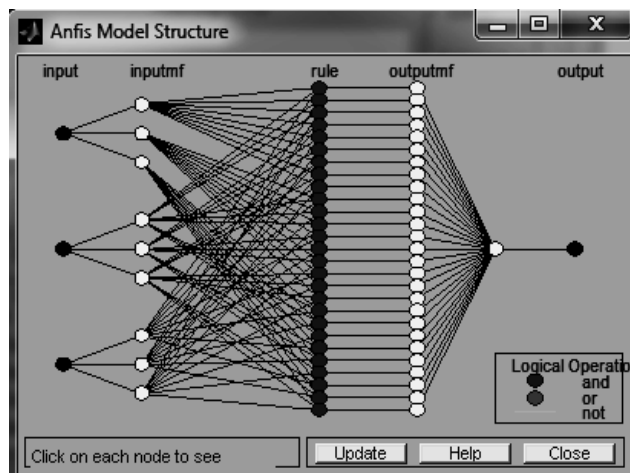


Рис. 9. Структура згенерованої системи нечіткого висновку [The structure of the generated fuzzy inference system]

Наступними кроками є навчання мережі (опція *Train now*) та перевірка адекватності цієї моделі, вікно і результати якої наведено на рис. 10.

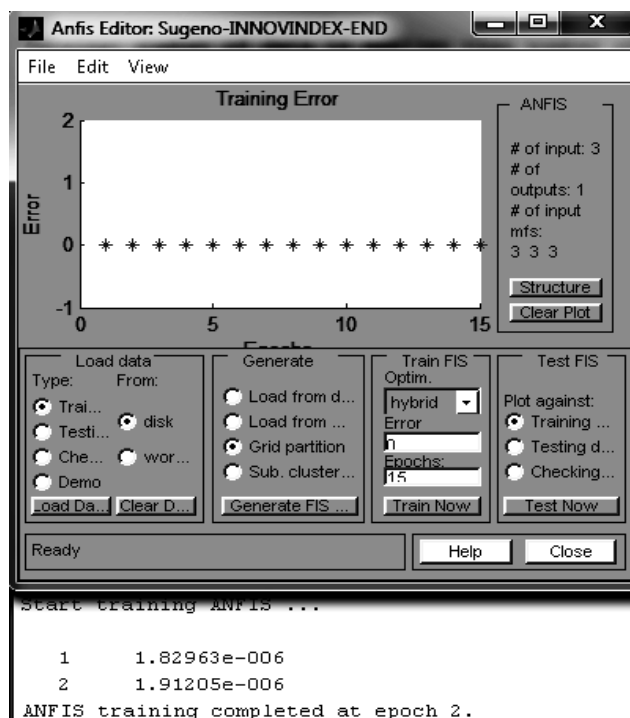


Рис. 10. Залежність кількості циклів і помилок у процесі навчання мережі [The dependence between the number of cycles and errors during network training]

У результаті навчання мережі визначено нові, скоеровані значення вхідних лінгвістичних змінних, наведені на рис. 11 та генерованих *FIS*-редактором. У підсумку, на вході системи вектор значень дорівнює [14,5; 7,13; 15,9], а на виході рейтингова оцінка дорівнює 18,4.

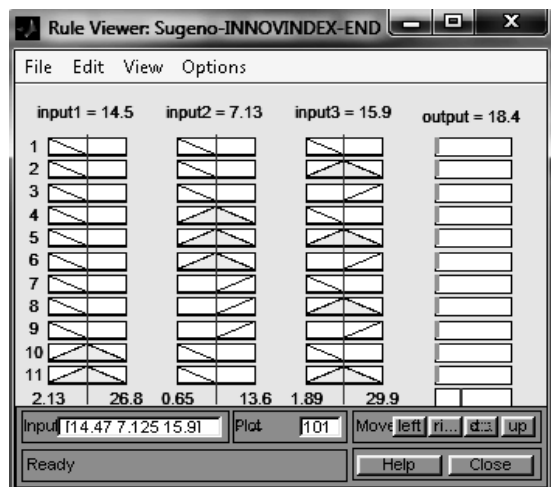


Рис. 11. Графічний інтерфейс перегляду правил згенерованої системи нечіткого виводу [The graphical user interface for viewing the rules of the generated fuzzy inference system]

Відповідний фрагмент скоерованої бази нечітких правил та кінцеву поверхню нечіткого висновку наведено, відповідно, на рис. 12 та 13.

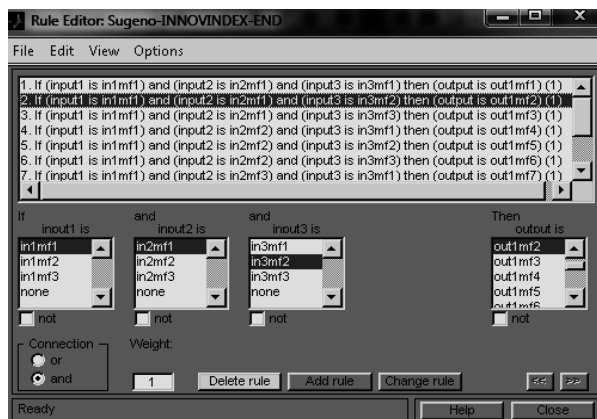


Рис. 12. Фрагмент бази нечітких правил [A fragment of the fuzzy rules base]

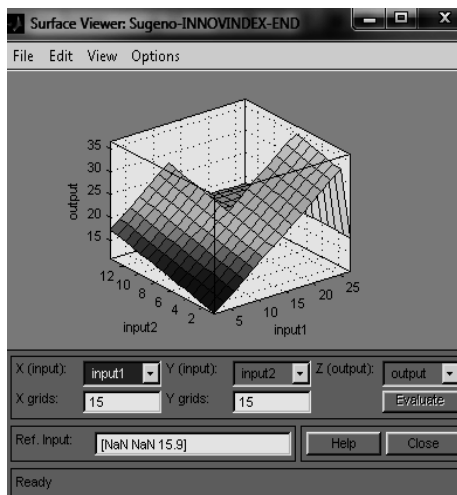


Рис. 13. Вихідна поверхня нечіткого висновку [The output surface of the fuzzy inference]

Очевидно, що поглиблена перевірка запропонованої моделі потребує значно більшого обсягу даних та подальших обчислювальних експериментів із налагодженням системи нечіткого висновку на першому етапі моделювання та створеної нейронної мережі на другому. Тим не менш, перевірка адекватності моделі (виконана за спрощеною схемою щодо адекватності реакції моделі на зміну вхідних змінних) показала, що поліпшення вхідних значень: $fismat = readfis$ ('Sugeno-INNOVINDEXT-END'); $out = evalfis$ ([17,5; 7,5; 15], $fismat$) щодо попереднього прикладу привело до поліпшення рейтингової оцінки до $out = 22,43$.

Таким чином, на основі побудованої моделі можна досить оперативно та обґрунтовано оцінити вплив ряду факторів та умов на рейтингову оцінку інноваційного розвитку. Запропонований підхід до використання нейро-нечіткої моделі для визначення рейтингової оцінки інноваційного розвитку дозволяє, маючи динаміку оцінок у певному проміжку часу, передбачати рейтингову оцінку на деякий момент у майбутньому. Досягнуті результати дають підставу говорити про можливість практичного застосування відповідних моделей для прогнозування підсумкової рейтингової оцінки інноваційного розвитку. У подальших дослідженнях заплановано збільшити кількість факторів впливу, поліпшити їх структурованість та залучити до навчання нейронної мережі достатні обсяги даних, узяті з надійних статистичних джерел. Передбачено також перевірку адекватності моделей та самого підходу до моделювання на різних типах об'єктів моделювання: підприємствах, регіональних, територіальних утвореннях.

References: 1. Fritsch M. Product Innovation, Process Innovation, and Size / M. Fritsch, M. Meschede // Review of Industrial Organization. – 2001. – Vol. 19, No. 3. – P. 335–350. 2. Tang J. Multidimensional Innovation and Productivity / J. Tang, Le Can // Economics of Innovation and New Technology. – 2007. – Vol. 16, No. 7. – P. 501–516. 3. Sørensen F. Experimental methods in innovation research / F. Sørensen, J. Mattsson, J. Sundbo // Research Policy. – 2010. – Vol. 39, No. 3. – P. 313–322. 4. Florian V. Territorial Innovation Strategies / V. Florian // Agricultural Economics and Rural Development. – 2012. – Vol. 9, No. 1. – P. 47–60. 5. Gorb P. Managing design in an uncertain world / P. Gorb // European Management Journal. – 1995. – Vol. 13, No. 1. – P. 120–127. 6. Rajeev G. Uncertain innovation with uncertain product durability / G. Rajeev // Applied Economics Letters. – 2006. – Vol. 13, No. 13. – P. 829–834. 7. Guan J. Modeling the relative efficiency of national innovation systems / J. Guan, K. Chen // Research Policy. – 2012. – Vol. 41, No. 1. – P. 102–115. 8. Lange K. Financing innovations in uncertain networks / K. Lange, G. Müller-Seitz, J. Sydow et al. // Research Policy. – 2013. – Vol. 42, No. 3. – P. 647–661. 9. Yu-Shan Chen. The nonlinear effect of green innovation on the corporate

competitive advantage / Yu-Shan Chen, Ke-Chiun Chang // Quality & Quantity: International Journal of Methodology. – 2013. – Vol. 47, No. 1. – P. 271–286. 10. Chernov V. Using Fuzzy Computing for Making Decisions on the Formation of an Investment Portfolio / V. Chernov, O. Dorokhov, L. Dorokhova // Економіка розвитку. – 2015. – No. 2 (74). – P. 93–98. 11. Chateaufneuf A. Modeling attitudes toward uncertainty through the use of the Sugeno integral / A. Chateaufneuf, M. Grabisch, A. Rico // Journal of Mathematical Economics. – 2008. – Vol. 44, No. 11. – P. 1 084–1 099.

Інформація про авторів

Чернов Володимир Георгійович – докт. екон. наук, професор кафедри інформатики й управління в технічних та економічних системах Володимирського державного університету (вул. Горького, 87, м. Володимир, Росія, 600000, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

Дорохов Олександр Васильович – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (просп. Леніна, 9-А, м. Харків, Україна, 61166, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

Інформація об авторах

Чернов Владимир Георгиевич – докт. екон. наук, професор кафедри інформатики и управления в технических и экономических системах Владимирского государственного университета (ул. Горького, 87, г. Владимир, Россия, 600000, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

Дорохов Александр Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (просп. Леніна, 9-А, г. Харків, Україна, 61166, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

Information about the authors

V. Chernov – Doctor of Sciences in Economics, Professor of the Department of Computer Science and Management in Technical and Economic Systems of Vladimir State University (87 Gorkiy St., Vladimir, Russia, 600000, e-mail: vladimir.chernov44@mail.ru).

O. Dorokhov – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Information Systems of Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9-A Lenin Ave., Kharkiv, Ukraine, 61166, e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua).

Стаття надійшла до ред.
10.09.2015 р.