

УДК 004.891.2

## РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ ЗДІБНОСТЕЙ АБИТУРІЄНТІВ

ЄРЕМЕНКО Б. М.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,  
РЯБЧУН Ю. В.<sup>2\*</sup>, аспірант,  
ПАШКО А. О.<sup>3\*</sup>, д. фіз.-мат. н., с. н. с.,  
ПЛОСКА Г. В.<sup>4\*</sup>, виконавчий директор.

<sup>1\*</sup>Кафедра інформаційних технологій проектування та прикладної математики, Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітрофлотський, 31, 03680, м. Київ, Україна, ORCID: 0000-0002-3734-0813

<sup>2\*</sup>Кафедра інформаційних технологій проектування та прикладної математики, Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітрофлотський, 31, 03680, м. Київ, Україна, [nona-11@bigmir.net](mailto:nona-11@bigmir.net), (050) 232-32-77, ORCID: 0000-0002-8320-4038,

<sup>3\*</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна, ORCID: 0000-0001-6944-8477

<sup>4\*</sup>Будівельний Кадровий Портал, вул. Західна 4, 03067, м. Київ, Україна, ORCID: 0000-0002-4292-5285

**Анотація.** Питання вибору напрямку і спеціальності навчання стає особливо актуальним на етапі вступу до вищого навчального закладу. В даній роботі розробляється система підтримки прийняття рішень для абітурієнтів, які не можуть самостійно визначити чим вони хочуть займатися в майбутньому. **Мета.** Розробка моделі та алгоритму навчання інтелектуальної системи оцінки професійних здібностей абітурієнтів, яка призначається для оцінювання їх можливостей до засвоєння знань і навичок певної галузі. **Методика.** Підвищення рівню автоматизації процесу оцінки професійних здібностей абітурієнта з урахуванням природних властивостей, розумової діяльності та вимог до профілю фахівця пропонується здійснювати шляхом впровадження в процес самоактуалізації інтелектуальної системи. В основу роботи системи покладено нечітку нейронну мережу Такаґи-Сугено-Канґа. Розробка вхідних і формалізація вихідних даних, а також створення бази знань системи на даному етапі лишається за експертами. **Результати.** Проведено дослідження сучасних методів і засобів ідентифікації здібностей і досягнень абітурієнтів. Запропоновано підхід до розробки інтелектуальної системи оцінки професійних здібностей абітурієнтів при виборі напрямку навчання. Описано структуру системи, що призначена для оцінки можливостей абітурієнтів до засвоєння знань, які необхідні для успішного навчання за обраною спеціальністю. **Наукова новизна.** Досліджено вхідні і вихідні параметри нейронної мережі Такаґи-Сугено-Канґа. Обґрунтовано вибір алгоритму навчання мережі з учителем. Алгоритм навчання адаптовано до розв'язання задачі оцінювання здатності абітурієнта до навчання за спеціальностями галузі знань «Інформаційні технології». Мінімізацію похибки запропоновано використовувати прямим методом випадкового пошуку. **Практична цінність.** Розроблено модель інтелектуальної системи оцінки професійних здібностей, яка здатна здійснювати обробку нечітких даних, що накопичуються в результаті спілкування з абітурієнтом. Практична цінність від впровадження подібних систем полягає в обґрунтовані вибору професії, що надає можливість підвищити конкурентоспроможність та покращити якість майбутнього життя молоді. Подальші роботи будуть спрямовані на розробку нечітких правил виведення.

*Ключові слова:* ідентифікація, професійні здібності, нечітка нейронна мережа

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ АБИТУРИЕНТОВ

ЄРЕМЕНКО Б. М.<sup>1</sup>, к. т. н., доц.,  
РЯБЧУН Ю. В.<sup>1\*</sup>, аспірант,  
ПАШКО А. А.<sup>2</sup>, д. фіз.-мат. н., с. н. с.,  
ПЛОСКАЯ А. В.<sup>3</sup>, исполнительный директор.

<sup>1\*</sup>Кафедра информационных технологий проектирования и прикладной математики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, проспект Воздухофлотский, 31, 03680, г. Киев, Украина, ORCID: 0000-0002-3734-0813

<sup>2\*</sup>Кафедра информационных технологий проектирования и прикладной математики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, проспект Воздухофлотский, 31, 03680, г. Киев, Украина, , [nona-11@bigmir.net](mailto:nona-11@bigmir.net), (050) 232-32-77 ORCID: 0000-0002-8320-4038

<sup>3\*</sup>Киевський національний університет імені Тараса Шевченка, г. Киев, Украина, ORCID: 0000-0001-6944-8477

<sup>4\*</sup>Строительный Кадровый Портал, ул. Западная 4, 03067, г. Киев, Украина, ORCID: 0000-0002-4292-5285

**Аннотация.** Вопрос выбора направления и специальности обучения становится особенно актуальным на этапе поступления в вуз. В данной работе разрабатывается система поддержки принятия решений для абитуриентов, которые не могут самостоятельно определить, чем они хотят заниматься в будущем. **Цель.** Разработка модели и алгоритма обучения

интеллектуальной системы оценки профессиональных способностей абитуриентов, которая предназначена для оценки их возможностей к усвоению знаний и навыков определенной отрасли. **Методика.** Повышение уровня автоматизации процесса оценки профессиональных способностей абитуриента с учетом природных свойств, умственной деятельности и требований к профилю специалиста предлагается осуществлять путем внедрения в процесс самоактуализации интеллектуальной системы. В основу работы системы положены нечеткую нейронную сеть Такаги-Сугено-Канга. Разработка входных и формализация исходных данных, а также создание базы знаний системы на данном этапе остается за экспертами. **Результаты.** Проведено исследование современных методов и средств идентификации способностей и достижений абитуриентов. Предложен подход к разработке интеллектуальной системы оценки профессиональных способностей абитуриентов при выборе направления обучения. Описана структура системы, предназначенной для оценки возможностей абитуриентов к усвоению знаний, которые необходимы для успешного обучения по выбранной специальности. **Научная новизна.** Исследована входные и выходные параметры нейронной сети Такаги-Сугено-Канга. Обоснован выбор алгоритма обучения сети с учителем. Алгоритм обучения адаптированы к решению задачи оценки способности абитуриента к обучению по специальностям отрасли знаний «Информационные технологии». Минимизацию погрешности предложено использовать прямым методом случайного поиска. **Практическая ценность.** Разработана модель интеллектуальной системы оценки профессиональных способностей, которая способна осуществлять обработку нечетких данных, накапливаемых в результате общения с абитуриентом. Практическая ценность от внедрения подобных систем заключается в обосновании выбора профессии, дает возможность повысить конкурентоспособность и улучшить качество будущей жизни молодежи. Дальнейшие работы будут направлены на разработку нечетких правил вывода.

*Ключевые слова:* идентификация, профессиональные способности, нечеткая нейронная сеть.

## DEVELOPMENT OF MODEL OF INTELLECTUAL SYSTEM OF EVALUATION OF PROFESSIONAL QUALITIES OF ABITURIENTS

YEREMENKO V.<sup>1\*</sup>, *Ph. D.*,

RYABCHUN Y.<sup>2\*</sup>, *graduate student*,

PACHKO A.<sup>3\*</sup>, *doctor of physical and mathematical sciences., senior researcher*,

PLOSKA H.<sup>4\*</sup>, *executive director*.

<sup>1\*</sup>Department of Information Technology Design and Applied Mathematics, Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Povitroflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine, 03680, ORCID: 0000-0002-3734-0813,

<sup>2\*</sup>Department of Information Technology Design and Applied Mathematics, Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Povitroflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine, 03680, , nona-11@bigmir.net, (050) 232-32-77, ORCID: 0000-0002-8320-4038

<sup>3\*</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Volodymyrska str., 60, Kyiv, Ukraine, 01033

<sup>4\*</sup>Humane Recourses Building Portal , Zahidna street, 4, 03067, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0002-4292-5285

**Abstract.** The question of choosing the direction and specialty of study becomes especially relevant at the stage of admission to a higher educational institution. In this paper, a decision support system is developed for entrants who cannot independently determine what they want to do in the future. **Goal.** The development of a model and algorithm for training an intellectual system for assessing the professional abilities of university entrants, which is designed to assess their ability to acquire knowledge and skills in a particular industry. **Method.** Increasing the level of automation of the process of assessing the professional abilities of the applicant in the light of natural properties, mental activity and requirements for the profile of a specialist is proposed to be implemented through the introduction of the process of self-actualization of the intellectual system. The basis of the system is the fuzzy neural network Takagi-Sugeno-Kang. The development of input and formalization of output data, as well as the creation of a knowledge base of the system at this stage is left to the experts. **Results.** The research of modern methods and means of identification of abilities and achievements of university entrants was conducted. The approach to the development of an intellectual system for assessing the professional abilities of applicants in the choice of the direction of training is proposed. The structure of the system is described, which is intended to assess the possibilities of applicants to the acquisition of knowledge, which are necessary for successful training in the chosen specialty. **Scientific novelty.** The input and output parameters of the Takagi-Sugeno-Kang neural network are investigated. The choice of the algorithm of network learning with the teacher is substantiated. The training algorithm is adapted to the decision of the task of assessing the applicant's ability to study in the specialties of the field of knowledge "Information Technologies". Minimization of error is proposed to use direct method of random search. **Practical value.** The model of the intellectual system of the estimation of professional abilities that is capable of processing the fuzzy data accumulated as a result of communication with the entrant is developed. Practical value from the introduction of such systems is based on the choice of profession, which provides an opportunity to increase competitiveness and improve the quality of the future life of young people. Further work will be aimed at developing fuzzy rules of withdrawal.

*Keywords:* identification, professional skills, fuzzy neural network

### Вступ

Низька конкурентоспроможність молоді є однією з проблем громадянського суспільства в Україні, а

питання професійної ідентифікації стає особливо актуальним при виборі напряму навчання. Проблема виникає якщо абітурієнт не може самостійно чітко

визначити чим він хоче займатися в майбутньому, а центри профорієнтації не надають йому достатньо інформації, оскільки підтримка рішення щодо вибору спеціальності передбачає наявність здібностей, які бажано виявити на етапі вибору напряму навчання.

Аналіз навчальних успіхів студентів, які навчаються за різними спеціальностями, надає можливість суттєво покращує ефективність профорієнтаційної роботи закладів вищої освіти [2]. Для цього освітні заклади обробляють потоки різнопланової інформації про успішність навчання студентів.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Оцінка природних здібностей особистості вимагає застосування засобів, в основу яких, окрім тестів досягнень і навичок, покладено інтелектуальні та психодіагностичні тести. Розробка подібних засобів пов'язана з обробкою нечіткої тестової інформації та виділенням природних здібностей із масиву даних, які, відображають здібності, знання та навички, що набуті на етапі довузівської підготовки [4].

Проведені дослідження сучасних методів і засобів ідентифікації здібностей і досягнень особистості показали, що не існує єдиного підходу до визначення змісту професійної ідентифікації. В роботі професійна ідентифікація розглядається як механізм прийняття провідних професійних ролей і цінностей, що спонукають фахівця до ефективної діяльності. Проте, підтримка прийняття рішень ускладнюється тим, що результати тестів мають нечіткий висновок. Особливо багатовимірними і не чіткими є результати тестів, що відображають структуру особистості на етапі переходу з одного рівня освіти на інший.

Для вирішення подібних проблем розробляються інтелектуальні системи [6, 7, 9], що здатні аналізувати та узагальнювати нечіткі висновки результатів тестування, і, таким чином, підвищити рівень автоматизації процесу підтримки прийняття рішення щодо вибору спеціальності.

Існуючі експертні системи в освіті розглядаються в аспекті досліджень у галузі штучного інтелекту або застосовуються у процесі навчання в психолого-педагогічних аспектах [4].

Теоретичні питання розробки експертних систем детально описані в [7, 9].

Для оцінки професійних здібностей особистості, підвищення ефективності прийняття рішень в умовах невизначеності, що пов'язана з нечіткою оцінкою професійних інтересів, найбільш вдалими є нечіткі моделі, оскільки детерміновані моделі потребують точної, розподіленої інформації, яка в подібних випадках, як правило відсутня [7, 8].

#### Мета роботи

Метою роботи є розробка моделі та алгоритму навчання системи оцінки професійних здібностей, яка призначається для оцінювання можливостей абітурієнтів до засвоєння знань і навичок за різними спеціальностями певної галузі знань.

#### Виклад основного матеріалу

Вітчизняна інформаційна система «Комплексна профорієнтаційна діагностика «Абітурієнт»], яка впроваджується в освітнє середовище України з 2016 року, містить довідникову інформацію та дозволяє прогнозувати успішність професійної діяльності в різних галузях. До переваг системи слід віднести введення таких професійних категорій, як ризик і природа, а також можливість аналізу результатів тестування із урахуванням віку та статі особи, що проходить тестування.

Діагностичні тести «Абітурієнт» допомагають здійснити вибір профілю. Рекомендації щодо вибору профілю фахівця, які надаються системою, ґрунтуються на дослідженні структури особистості, ступеню вираженості інтересу до професії, що включають оцінку ступеню вираженості інтересів, прогнозування успішності і особистісно-мотиваційні особливості (табл. 1).

Таблиця 1

#### Оцінка професійних інтересів (фрагмент) / Assessment of professional interests (fragment)

Професія	Ступінь вираженості інтересу	Особистісно-мотиваційні особливості	Прогнозована успішність
Підприємницькі	6	5.35	5.68
Пов'язані з ризиком	5	5.85	5.43
Соціальні	4.25	3.01	3.63
Конвенціональні	3.5	3.91	3.7
Артистичні	5.67	5.04	5.35
Техніко-реалістичні	5.33	6.09	5.71
Природно-реалістичні	5	5.8	5.4
Інтелектуальні	4.67	6.66	5.66

Як видно з табл. 1, результати тестування можуть давати нечіткий висновок. В таких випадках система не спроможна однозначно виявити професійні інтереси особистості та надати чіткі рекомендації щодо вибору напряму навчання.

Особливо багатовимірними і не чіткими є результати тестування, що відображають структуру особистості на етапі переходу з одного рівня освіти на інший (табл. 2).

Для даних, що надані в таблицях, рішення можуть прийматись на основі розрахунків за критеріями Лапласа, Вальда, Гурвіца [5].

Розподіли вибрано таким чином, щоб підсумкові результати були різними. При цьому, кожен з

факторів, що характеризує структуру особистості, розглядається як лінгвістична змінна з певним рівнем значимості.

Таблиця 2

### Прийняття рішень за результатами тестування / Decision making based on testing results

Дані тестування				Критерії		
Професії	Ступінь вираженості інтересу	Особистісно-мотиваційні особливості	Прогнозована успішність	Лапласа	Вальда	Гурвіца
1 Підприємницькі	6,00	5,35	5,68	5,676	<b>5,35</b>	5,87
2 Пов'язані з ризиком	5,00	5,85	5,43	5,426	5,00	5,68
3 Соціальні	4,25	3,01	3,63	3,63	3,01	4,002
4 Конвенціональні	3,50	3,91	3,7	3,704	3,50	3,828
5 Артистичні	5,67	5,04	5,35	5,354	5,04	5,544
6 Техніко-реалістичні	5,33	6,09	5,71	<b>5,71</b>	5,33	5,938
7 Природно-реалістичні	5,00	5,8	5,4	5,4	5,00	5,64
8 Інтелектуальні	4,67	6,66	5,66	5,664	4,67	<b>6,262</b>

Підтримка прийняття рішення при виборі галузі знань та спеціальності здійснюється за результатами зовнішнього незалежного оцінювання та вузівського тестування.

Вузівське тестування може проводитись в дні відкритих дверей, у вигляді заочних і очних олімпіад для абітурієнтів, тестування при поданні документів, тощо. В таких випадках необхідно, щоб вхідні дані тестів розроблялись фахівцями, що здійснюють

навчання, і містили такі питання, відповіді на які відображають саме здібності до засвоєння відповідних знань з урахуванням природних властивостей розумової діяльності.

В даній роботі вибір спеціальності пропонується здійснювати на основі рекомендацій інформаційної системи «Абітурієнт» з урахуванням результатів зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО) та спеціального (вузівського) тестування (рис. 1).

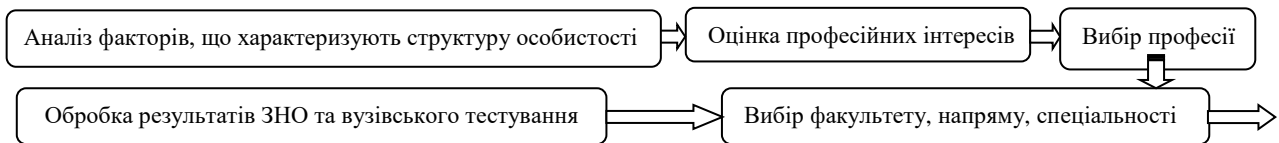


Рис.1. Основні етапи підтримки прийняття рішення при виборі спеціальності / The main stages of supporting decision-making when choosing a specialty

Передбачається, що вхідні дані вузівського тестування містять інформацію, яка представлена в текстовому вигляді і потребує формалізації. На даному етапі результати тестування оцінюються експертами від 0 до 100 балів. Після цього на відрізу  $[0;100]$  задається лінгвістична змінна, що приймає значення «високий рівень», «середній рівень», «низький рівень», «рівень вище середнього», «рівень нижче середнього», з відомими мірами належності.

Спеціальності згруповані в галузі знань [3] відповідно до вимог МОН України.

Галузь знань «Інформаційні технології», для якої розробляється система підтримки прийняття рішень щодо вибору спеціальності, містить спеціальності:

- 121 Інженерія програмного забезпечення;
- 122 Комп'ютерні науки;
- 123 Комп'ютерна інженерія;
- 124 Системний аналіз;
- 125 Кібербезпека;
- 126 Інформаційні системи та технології”.

В роботі розроблена структура інтелектуальної системи, що дозволяє особі визначити чи підходить їй певний напрям підготовки чи ні.

В основу системи, покладено нечітку нейронну мережу Такаґи-Сугено-Канґа [9].

Схема виведення для вхідних змінних  $x_j$  ( $j=1, \dots, N$ ) та  $i$ -го правила ( $i=1, \dots, M$ ) має вигляд [6]:

$$\text{if } (x_1 \text{ is } A_1^{(i)}) (x_2 \text{ is } A_2^{(i)}) \dots (x_N \text{ is } A_N^{(i)}) \text{ then} \\ \text{then } y_i = p_{i0} + \sum_{j=1}^N p_{ij} x_j \quad (1)$$

де  $p_{ij}$  – невідомі параметри; умова  $(x_i \text{ is } A_i)$  реалізується функцією фаззифікації:

$$\mu_{A_i}^{(i)}(x_i) = 1 / \left( 1 + \left( (x_i - c_i) / \sigma_i \right)^{2b_i} \right) \quad (2)$$

$c_i$ ,  $b_i$ ,  $\sigma_i$  – параметри, що підлягають адаптації в процесі навчання.

Вихідний параметр системи нечіткого виведення:

$$\bar{y} \in Y = \{y_l\} \quad (l=1, 2, \dots, L) \quad (3)$$

приймає два значення:

- 1 – напрям підходить (так);
- 0 – напрям не підходить (ні).

Агрегований вихідний результат мережі має вигляд:

$$y(x) = \frac{\sum_{i=1}^M \omega_i y_i(x)}{\sum_{i=1}^M \omega_i}, \quad y_i(x) = p_{i0} + \sum_{j=1}^N p_{ij} x_j, \quad (4)$$

де  $\omega_i$  інтерпретуються як значимість компонентів  $\mu_A^{(i)}(x)$  і визначаються згідно з (2).

Таким чином: для  $N$  вхідних змінних та  $M$  правил, модель структури штучної нейронної мережі Такагі-Сугено-Канга надано на рис. 2.

Мережа має п'ять шарів [7, 8].

Параметри, що підлягають адаптації розділяються на дві групи. Перша група складається з параметрів  $p_{ij}$  третього шару, а друга – з параметрів функції належності першого шару.

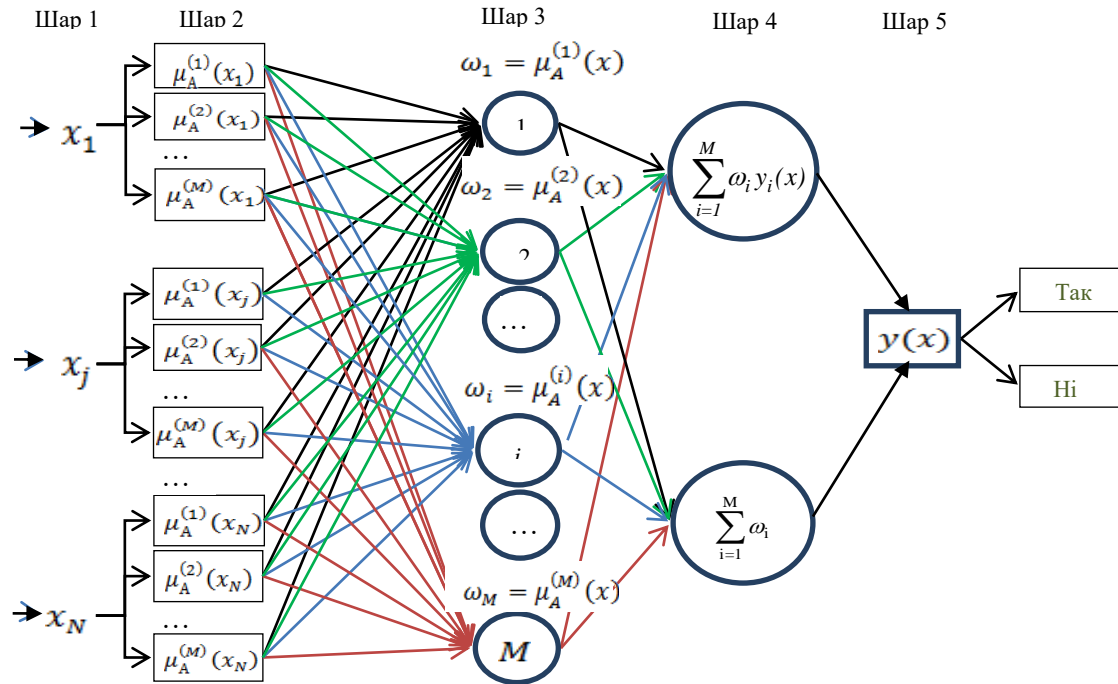


Рис.2. Модель структури нечіткої нейронної мережі Такагі-Сугено-Канга / Model structure of fuzzy neural network Takagi-Sugeno-Kang

При навчанні мережі уточнюються параметри першого і третього шарів. Налаштування параметрів проводиться в два етапи.

На першому етапі розв'язуються системи лінійних рівнянь для розрахунку параметрів полінома Такагі-Сугено-Канга –  $p_{ij}$  при фіксованих значеннях параметрів функції належності, а на другому – розраховуються фактичні значення вихідних сигналів  $y_k$  ( $k=1, \dots, P$ ) при фіксованих параметрах  $p_{ij}$ .

Алгоритм навчання штучної нейромережі Такагі-Сугено-Канга в загальному вигляді описано в [7]. Для адаптації алгоритму навчання мережі Такагі-Сугено-Канга до задачі оцінки профорієнтаційних здібностей абітурієнтів в роботі вибрано варіант, при якому вихідний параметр мережі приймає значення, що виражає здатність до навчання за спеціальністю, тобто, приймає два значення 0 (ні) або 1 (так).

$$y_i(x) = y_{i0}, \quad y = \sum_{i=1}^m \omega_i y_{i0}, \quad (4)$$

де  $m$  – кількість функцій належності для кожної  $x_j$ .

Описану систему можна адаптувати також і для визначення спеціальності в межах галузі.

Навчання мережі можна проводити за алгоритмом з учителем або за алгоритмом самоорганізації [7].

В даній роботі досліджується алгоритм навчання з учителем, в результаті якого мінімізується функція:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (y(x^{(i)}) - d^{(i)})^2, \quad (5)$$

де  $k$  – кількість пар  $(x, d)$  для навчання,  $d(l)$  – значення вихідного сигналу, що є на виході мережі при значеннях компонентів  $\mu_A^{(i)}(x)$ .

На першому етапі навчання на вхід мережі подаються значення  $\{x_i\}$  і розв'язується система лінійних рівнянь виду:

$$W \cdot \vec{Y} = \vec{d}, \quad (6)$$

де  $W = (\omega'_{ij})$  – матриця рівнів активації  $j$ -го правила для:  $\vec{x}^{(k)} = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_N^k)$ ; та  $\vec{Y}^{(k)} = (y_{10}^k, y_{20}^k, \dots, y_{M0}^k)$ .

Значення  $\omega'_{ij}$  знаходяться за формулою:

$$\omega'_{ij} = \frac{\prod_{j=1}^N \mu_A^{(i)}(x_j^{(k)})}{\sum_{r=1}^M \left[ \prod_{j=1}^N \mu_A^{(r)}(x_j^{(k)}) \right]}. \quad (7)$$

Для інтерпретації значимості компонентів  $\mu_A^{(i)}(x)$  пропонується розглядати міру належності у вигляді:

$$\mu_A(x_i) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x_j - c_i}{\sigma_i} \right)^2} \quad (8)$$

Розв'язок системи рівнянь (6) знаходиться за формулою [9]:

$$\bar{Y} = W^+ \cdot \bar{d},$$

де  $W^+$  – псевдо інверсія матриці  $W$ .

При  $K > M$ : розмірність  $\bar{Y}$  дорівнює  $M$ , розмірність  $\bar{d}$  дорівнює  $K$ , а розмірність  $W$  дорівнює  $K \cdot M$ .

На другому етапі навчання мережі проводиться уточнення нелінійних параметрів. Для цього, після обчислення значень  $y_i$  ( $i=1, 2, \dots, K$ ), обчислюється похибка:

$$\bar{E} = |\bar{d} - \bar{y}|. \quad (9)$$

Для мінімізації похибки можна використовувати методи градієнтного спуску і випадкового пошуку. Із методів випадкового пошуку для розв'язання даної задачі можна виділити метод «імітації отжига» і прямий метод випадкового пошуку. Проте, задача оцінки передбачає дуже великої кількості вхідних параметрів.

При таких умовах оптимальна кількість правил  $M = m^N$  є дуже великою. Це означає, що застосування

методів градієнтного спуску і «імітації отжига» вимагає більших обчислювальних ресурсів і затрат часу, ніж прямий метод випадкового пошуку.

Метод градієнтного спуску для мережі Такаги-Сугено-Канга описано в [8].

В даній роботі для навчання мережі пропонується прямий метод випадкового пошуку.

Для параметрів  $\{c_l\}$  та  $\{\sigma_l\}$ :

- визначаються межі  $\{c_i^H, c_i^B\}$ ,  $\{\sigma_i^H, \sigma_i^B\}$ ;
- моделюються випадкові величини, що рівномірно розподілені в допустимих межах:  $\xi_i \in \{c_i^H, c_i^B\}$  та  $\eta_i \in \{\sigma_i^H, \sigma_i^B\}$ ;
- згідно з (9) знаходиться вектор похибки.

Навчання здійснюється до тих пір, поки похибка досягне прийняттого значення. Після уточнення нелінійних параметрів знову запускається процес адаптації лінійних параметрів TSK (перший етап).

Вихідний параметр  $y(x)$  приймає значення з відрізка  $[0;1]$ .

Вибір методу отримання міри належності оцінки здібностей абітурієнта лишається за користувачем.

В якості вхідних даних інтелектуальної системи оцінки професійних здібностей (ІСОПЗ) абітурієнтів Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) для підтримки прийняття рішень пропонується використовувати комплекс результатів діагностування «Абітурієнт», ЗНО та вузівського тестування (рис. 3).

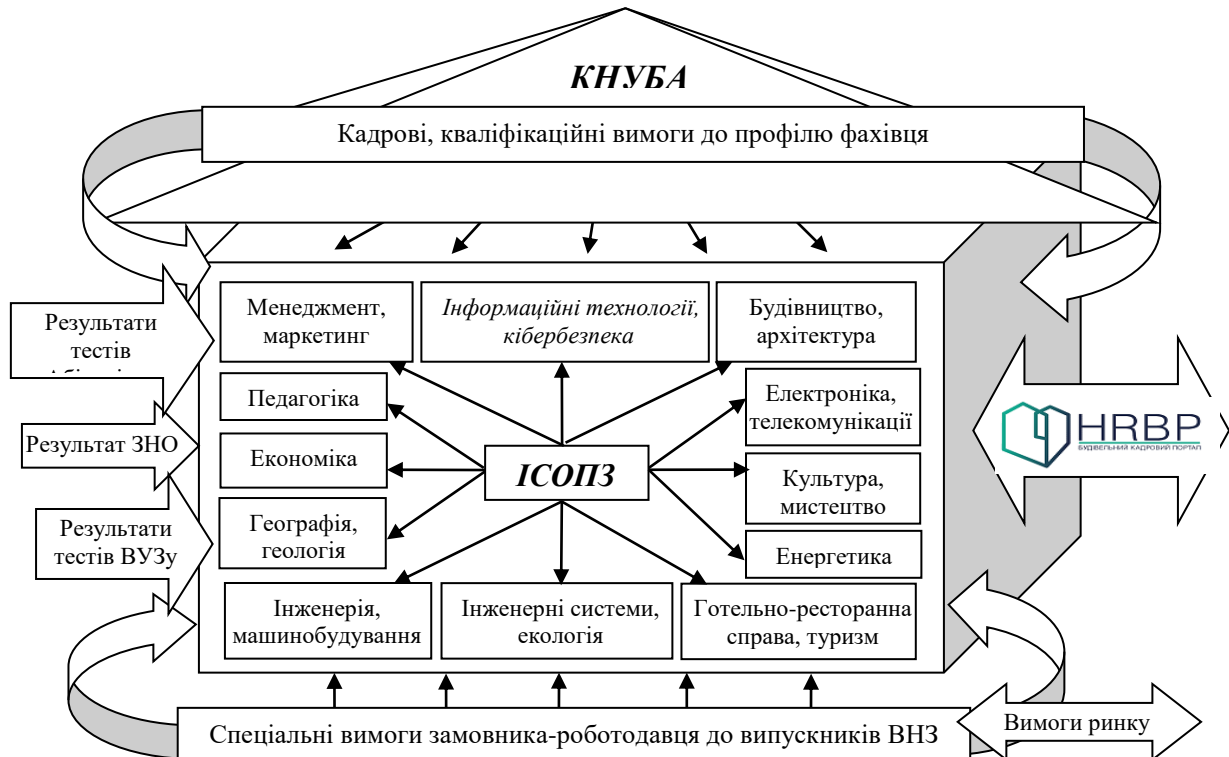


Рис. 3. Схема впровадження інтелектуальної системи оцінки професійних здібностей абітурієнтів в освітню діяльність Київського національного університету будівництва і архітектури / The scheme of implementation of the intellectual system for assessing the professional abilities of university entrant in the educational activities of the Kiev National University of Building and Architecture

Кінцевою метою отримання знань є їх подальше застосування у професійній діяльності, а саме працевлаштування. Проте, питання надання знань та вмінь, які будуть відповідати вимогам потенційних роботодавців галузі до молодих спеціалістів, постає ще на етапі навчання.

Аналіз нагальних і прогнозування майбутніх потреб ринку праці до спеціалістів будівельної галузі здійснюється фахівцями Будівельного Кадрового Порталу (HRBP – Human Resources Building Portal). Тести ВУЗу розробляються з урахуванням вимог замовників-роботодавців. При цьому, для кожної галузі знань будується ІСОПЗ, яка навчається для кожного навчального закладу окремо.

Вхідні дані тестів для кожної галузі слід добирати з урахуванням кваліфікаційних вимог роботодавців до випускників. Проте, формування компетентностей випускників доцільно використовувати при наборі на кваліфікаційний рівень «магістр». З цієї причини, подальші роботи будуть спрямовані на розробку

нечітких правил виведення і впровадження нечіткої експертної системи оцінки професійних здібностей абітурієнтів і студентів Київського Національного Університету Будівництва і Архітектури.

### Висновки

1. Розроблено модель інтелектуальної системи оцінки професійних здібностей абітурієнтів. Система складається з інтелектуальних підсистем, основним призначенням яких є підтримка рішення при виборі напрямку навчання. Навчається кожної підсистеми здійснюється окремо.

2. В основу підсистем запропоновано покласти нечітку нейронну мережу Такаґи-Сугено-Канґа, що адаптована до розв'язання задачі оцінки професійних здібностей абітурієнтів з урахуванням особливостей галузі знань.

3. Система здатна здійснювати обробку нечітких даних, які накопичуються при тестуванні.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комплексна профорієнтаційна діагностична програма для старшокласників «Абітурієнт» <http://cleverdia.com/index.php?lang=uk>
2. Національний стандарт ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Системи управління якістю. Вимоги. – Видання офіційне: Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016
3. Постанова кабінету Міністрів України від 1 лютого 2017 р. № 53 Київ «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» (Офіційний вісник України, 2015 р., № 38, ст. 1147; 2016 р., № 79, ст. 2647)
4. Цідило І. М. Модель нечіткої експертної системи прогнозування змісту освіти // Інформаційні технології і засоби навчання. 2012. №6(32)
5. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе / С.И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 367 с.
6. Blum, C., Puchinger J., Raid, J.R., Roli A. Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization: A survey // Applied Soft Computing. – 2011, – 11, 6. – P. 4135-4151.
7. Osowski S. Sieci neuronowe do przetwarzania informacji. – Warszawa, 2000 – 342 p. (польською).
8. Tanaka, K., Yoshida, H, Ohtake, H., & Wang, H. O. (2009). A sum-of-squares approach to modeling and control of nonlinear dynamical systems with polynomial fuzzy systems. IEEE Transactions on Fuzzy systems, 17(4), 911-922
9. Zaitseva E., Levashenko V. Importance Analysis by Logical Differential Calculus. Automation and Remote Control. Springer Publ. vol. 74, issue 2, 2013, pp. 171-182.

### REFERENCES

1. *Kompleksna proforientaciina diagnostychna programa dlay starchoklasnykyv «Abiturient»* [Integrated vocational guidance diagnostic program for high school students "Applicant"] <http://cleverdia.com/index.php?lang=uk>
2. *Natsionalnyi standart DSTU ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Systemy upravlinnia yakistiu. Vymohi.* [National standard DSTU ISO 9001: 2015 (ISO 9001: 2015, IDT) Quality management systems. Requirements], *Vydannia ofitsiine* [Official publication], Kyiv, DP «UkrNDNTS», 2016 (in Ukrainian).
3. *Postanova kabinetu Ministriv Ukrainy vid 1 lyutogo 2017 r. No. 53 Kyiv «Pro zatverdzhennia pereliku galuzei znan i spetsialnostei, za yakymy zdiisniuietsia pidgotovka zdobuvachiv vyshchoi osvity»* [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated February 1, 2017 No. 53 Kyiv "On approval of the list of branches of knowledge and specialties for which higher education graduates are trained"] *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*, [Official Gazette of Ukraine], 2015, no. 38, pp. 1147; 2016, no. 79, pp. 2647 (in Ukrainian).
4. Tsidylo I.M. *Model nechitkoi ekspertnoi systemy prognuzuvania zmistu osvity* [Model of fuzzy expert system of prediction of the content of education], *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia* [Information technologies and teaching aids], 2012, no. 6(32) (in Ukrainian).
5. Shelobaev S.I. *Matematicheskie metody i modeli v ekonomike, finansakh, biznese* [Mathematical methods and models in economics, finance, business] Moscow, IUNITI, 2001, 367 p. (in Russian).
6. Blum, C., Puchinger J., Raid, J.R. and Roli A. *Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization: A survey* // Applied Soft Computing. – 2011, – 11, 6. – P. 4135-4151.
7. Osowski S. *Sieci neuronowe do przetwarzania informacji*. – Warszawa, 2000 – 342 p. (in Polish).
8. Tanaka, K., Yoshida, H, Ohtake, H., and Wang, H. O. *A sum-of-squares approach to modeling and control of nonlinear dynamical systems with polynomial fuzzy systems*. IEEE Transactions on Fuzzy systems, 2009, no.17(4), pp. 911-922
9. Zaitseva E. and Levashenko V. *Importance Analysis by Logical Differential Calculus*. Automation and Remote Control. Springer Publ. vol. 74, issue 2, 2013, pp. 171-182.