

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

6.2018

ВІСНИК

Хмельницького

національного

університету

Том 1

Технічні науки

Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2018, Issue 6, Volume 267, Part 1

Хмельницький

**ВІСНИК
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання (перереєстрація)
Наказ МОН 04.07.2014 №793

Засновано в липні 1997 р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2017, № 6, Том 1 (267)

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Включено до науково-метричних баз:

Google Scholar	http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=aUP9OYAAAAJ
Index Copernicus	http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&id_lang=3
РИНЦ	http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650
Polish Scholarly Bibliography	https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221

Головний редактор	Скиба М. Є. , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Хмельницького національного університету
Заступник головного редактора	Синюк О. М. , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Голова редакційної колегії серії "Технічні науки"	Бойко Ю.М. , д.т.н., професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки, начальник науково-дослідної частини Хмельницького національного університету
Відповідальний секретар	Гуляєва В. О. , завідувач відділом інтелектуальної власності і трансферу технологій Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

Березненко С.В., д.т.н., Бойко Ю.М., д.т.н. Бубулис Алгимантас, д.т.н. (Литва), Говорущенко Т.О., д.т.н., Гордеев А.І., д.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Жултовський Б., д.т.н. (Польща), Зубков А.М., д.т.н., Каплун В.Г., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Кіницький Я.Т., д.т.н., Коробко Є.В., д.т.н. (Білорусія), Костогриз С.Г., д.т.н., Лунтовський А.О., д.т.н. (Німеччина), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мартинюк В.В., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Натріашвілі Т.М., д.т.н. (Грузія), Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Попов В., доктор природничих наук (Німеччина), Прохорова І.А., д.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Ройзман В.П., д.т.н., Сарібеков Д.Г., д.т.н., Семенко А.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Сорокатиї Р.В., д.т.н., Сурженко Є.Я., д.т.н. (Росія), Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Ясній П.В., д.т.н., Tomasz Kalaczynski, PhD (Польща), Elsayed Ahmed Elnashar, PhD (Єгипет).

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 3 від 27.11.2018 р.**

Адреса редакції: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

☎	(038-2) 67-51-08	web:	http://journals.khnu.km.ua/vestnik
e-mail:	visnyk.khnu@gmail.com		http://vestnik.khnu.com.ua
			http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року

© Хмельницький національний університет, 2018
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2018

В.Т. КОНДРАТОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ. МАГНИТОПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ СКВОЗЬ МАТЕРИАЛ ИЛИ ВЕЩЕСТВО. ЧАСТЬ 4. МАГНИТОПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ	183
Г.І. МІХАЛЕВСЬКА, В.Ц. МІХАЛЕВСЬКИЙ ДЕЯКЕ МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	198
О.Є. РУБАНЕНКО, Є.А. БОНДАРЕНКО, І.О. ГУНЬКО, А.М. КОВАЛЬ ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ОБЛАДНАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ	204
В.Ц. МІХАЛЕВСЬКИЙ, Г.І. МІХАЛЕВСЬКА ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЛІНІЙНОГО ОБЛІКУ	214
А.О. АЗАРОВА, О.М. РОЙК, А.В. ПОПЛАВСЬКИЙ, Д.П. ПРИСЯЖНИЙ, І. С. КАПЛУН ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИПУСКНИКІВ ТЕХНІЧНИХ ВИШІВ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	219
Ю.М. БОЙКО, І.І. КОВТУН, С.В. ПЕТРАЩУК, О.В. КОВАЛЬЧУК МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОЇ ДІАГНОСТИКИ НАДІЙНОСТІ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ МОДУЛІВ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ	227
В.П. РОЙЗМАН, І.І. КОВТУН, О.К. БЛИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ДРОТЯНИХ МАЛОБАЗНИХ ТЕНЗОРЕЗИСТОРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДІЙСНИХ ЗНАЧЕНЬ ДЕФОРМАЦІЙ ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ	234
О.В. СУХОВЕЦЬКИЙ, Р.О. БАГРІЙ, Т.К.СКРИПНИК ОГЛЯД СИСТЕМ ВЕБ-АНАЛІТИКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГУ	239
С.Л. ГОРЯЩЕНКО, К.Л. ГОРЯЩЕНКО, Е.Ю. ВЖЕЩ МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА В СЕРЕДОВИЩІ МАТЛАВ	243
М.Н. КУХАРЧУК, О.А. ПАСІЧНИК, Т.К. СКРИПНИК ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ЗАКЛАДІВ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ	248
К.І. РОЙЗНЕР, О.В. МАЗУРЕЦЬ ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕЛІГІЙНОЇ УСТАНОВИ	252
О.П. НИЧ, В.І. СТЕЦЮК, К.Л. ГОРЯЩЕНКО, ПІТЕР ШІДЕР РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ	257
V. V. ROMANUK OPTIMIZATION OF A DATASET FOR A MACHINE LEARNING TASK BY CLUSTERING AND SELECTING CLOSEST-TO-THE-CENTROID OBJECTS	263
ОБМІН ПРАКТИЧНИМ ДОСВІДОМ, ТЕХНОЛОГІЯМИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	
Є.Є. ВОЛКАНІН, С.М. БОЙКО, О.Ф. КРИШАН, С.Я. ВИШНЕВСЬКИЙ, О.М. НАНАКА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИСОКОГРАДІЄНТНОЇ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ	266
К.В. БАЗІЛО СХЕМА РОЗРАХУНКУ ДИСКОВОГО П'ЄЗОЕЛЕМЕНТА З ЧАСТКОВИМ ЕЛЕКТРОДУВАННЯМ ПОВЕРХОНЬ	271
Т.М. КИСІЛЬ, О.Я. КУЧЕРУК, Т.О. ОСІЙЧУК МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗКРЯЖУВАННЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ	282

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ
ВИПУСКНИКІВ ТЕХНІЧНИХ ВИШІВ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

У даній статті розроблено математичну модель та метод оцінювання рівня якості підготовки випускників вишів на основі нейро-нечіткого підходу, що дозволяє ідентифікувати обґрунтовану множини оцінювальних параметрів, врахувати полі функціональний вплив зовнішнього середовища та дає можливість декомпозиції процесу оцінювання засобами системного підходу.

Ключові слова: математична модель, якість підготовки випускників, нечітка логіка.

A.O. AZAROVA, O.M.ROIK, A.V. POPLAVSKYI, D.P. PRYSYAGNYI, I. S. KAPLUN
Vinnytsia National Technical University

**INFORMATION TECHNOLOGIES OF ESTIMATION THE QUALITY LEVEL OF GRADUATES TRAINING IN
TECHNICAL UNIVERSITY BY MEANS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Abstract: The mathematical model and method for estimation the quality level of graduates training on the basis of a neuro-fuzzy approach, which make possible identifying a reasonable set of estimation parameters, taking into account the multifunctional influence of the external environment and allowing the decomposition of the evaluation process by means of a system approach are developed in the article.

The purpose of the article is formalization of the process of estimating the quality level of graduates training in technical universities for further improvement through the formation of appropriate complex target program.

The scientific novelty of the obtained results is the formation of methodological principles for estimating the quality level of graduates training on the basis of the mathematical apparatus of artificial intelligence and modern mathematical automated means. In particular, for the first time, it was proposed: the mathematical model for estimating the quality level of graduates training of technical universities and the method of its formalization, which based on the mathematical apparatus of fuzzy logic and the Hopfield's neural network, which allows precisely and adequately, with a minimum time, to map the set of input parameters to the set of resulting solutions, taking into account the wide range both quantitative and qualitative factors of influence to ensure the complexity and dynamism of such a process; the structural model for estimating the quality level of graduates training of technical universities, which, by means of system theory, allows the decomposition of a complex evaluation procedure into a sequence of elementary components, the identification of which becomes clearly formalized.

Keywords: mathematical model, quality of graduates training, fuzzy logic.

ВСТУП

Модернізація вищої освіти, необхідність її переходу на якісно новий рівень, який відповідає сучасним потребам у фахівцях для високотехнологічних фірм та підприємств пов'язана із суттєвою трансформацією функцій їх професійної діяльності, а тому й необхідністю формування нових професійних компетенцій. Така ситуація вимагає кардинальних змін у професійному оцінюванні якості підготовки фахівців технічного профілю.

Для вирішення різнобічних кадрових проблем, які постають перед керівниками виробничих та невиробничих структур, забезпечення своєчасності прийнятих ними рішень необхідно проаналізувати реальний ринок праці, який формується у т.ч. на основі випускників вишів, змоделювати його майбутній розвиток, врахувати можливі ризики і невизначеність. Це стає можливим на основі методів математичного моделювання засобами штучного інтелекту з використанням сучасних інформаційних технологій, що сприятиме прийняттю оптимальних рішень на різних рівнях управління.

У наукових дослідженнях приділяється значна увага методам професійної підготовки фахівців технічного профілю завдяки роботам В. Я. Боброва, Л. О. Каніщенко, К. Ф. Беркита, С. М. Калицького, В. Ю. Стрельнікова, О. В. Кукліна, Й. Бринкеля, В. В. Валешного, Г. О. Ковальчука, В. А. Козакова та ін. Разом із тим, існують невирішені проблеми як у теоретичному, так і прикладному аспектах, що унеможливають якісне оцінювання рівня підготовки випускників технічних вузів через відсутність чітко формалізованого підходу такого процесу автоматизованими засобами. Слід зауважити, що апарат штучного інтелекту, а саме нечіткої логіки та нейронних мереж уможливує комп'ютеризацію процедури розв'язку класифікаційних задач, до яких і належить розглянута в статті проблема.

Новітня професійна підготовка студентів вишів повинна бути універсальною, адаптованою до сучасного ринку праці, з використанням особистісно-орієнтованого підходу до навчального процесу, його інформатизацією та безперервністю. Вона покликана послідовно формувати у спеціалістів економіко-технічне мислення та свідомість, раціональне ставлення до обраної професії в умовах інтеграційних процесів, що відбуваються у державі; озброювати спеціалістів теоретичними знаннями та практичними навичками щодо особливостей роботи, формування потреби бачення перспективи; вчити оволодівати основами наукової організації праці в умовах ринкових відносин; формувати у студентів бажання та потребу повсякденно покращувати результати своєї праці, виховувати в собі якості бережливості, ініціативності, діловитості, дисциплінованості.

Одним із продуктивних шляхів врахування наведених вимог до оцінювання якості підготовки

випускників вишів є застосування математичних апаратів нечіткої логіки (НЛ) та нейронної мережі Хопфілда. Нечітко-логічний підхід дозволяє отримати кардинальні оцінки для якісних параметрів, тобто уможливує процес їх формалізації. Нейронна мережа Хопфілда ідентифікує рівень якості підготовки фахівців за обмеженою кількістю еталонних зразків, що суттєво знижує часові та грошові витрати на прийняття відповідного рішення.

Усі вище перелічені чинники зумовлюють актуальність розроблення відповідних математичних моделей та методологічних підходів до оцінювання рівня якості підготовки випускників технічних вишів засобами штучного інтелекту.

Метою статті є формалізація процесу оцінювання рівня якості підготовки випускників технічних вишів для подальшого його підвищення шляхом формування комплексної цільової програми його покращення.

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИПУСКНИКІВ ТЕХНІЧНИХ ВИШІВ

Математична модель оцінювання якості підготовки випускників технічних вишів має включати в себе множину вхідних та вихідних параметрів, яка повинна охоплювати широкий їх спектр і задовольняти умовам повноти, дієвості та мінімальності. Для цього спочатку за критерієм повноти необхідно вибрати таку низку вхідних оцінювальних параметрів, щоб вони якомога ширше характеризували рівень якості підготовки фахівців на базі ґрунтового аналізу всіх його елементів впливу. Обмеження сформованої множини оцінювальних параметрів за критерієм дієвості дозволяє виділити параметри з максимальним ступенем результативності. Подальше скорочення множини слід здійснювати з урахуванням критерію мінімальності, тобто виключення усіх колінеарних, корельованих параметрів та ін.

Автори статті пропонують математичну модель оцінювання рівня якості підготовки випускників технічних вишів такого вигляду:

$$X^* \rightarrow Y, X^* = \{x_p\}, p = \overline{1, P}, X = f(X^*), X = (x_{ij}), i = \overline{1, n}, j \in M, Y = (y_s), s = \overline{1, S};$$

$$Y = F(f_1, \dots, f_5),$$

$$f_1 = f(x_{11}, \dots, x_{17}), f_2 = f(x_{21}, \dots, x_{25}), f_3 = f(x_{31}, \dots, x_{37}), f_4 = f(x_{41}, \dots, x_{45}), f_5 = f(x_{51}, \dots, x_{510})$$

де функціонал відображення F оцінюється на базі таких функцій:

- f_1 – оцінювання рівня психофізичних якостей випускника – $f_1 = f(x_{11}, \dots, x_{17})$;

- f_2 – оцінювання рівня фундаментальної підготовки та професійних знань випускника – $f_2 = f(x_{21}, \dots, x_{25})$;

- f_3 – оцінювання рівня особистісних якостей випускника – $f_3 = f(x_{31}, \dots, x_{37})$;

- f_4 – оцінювання рівня професійних здібностей випускника – $f_4 = f(x_{41}, \dots, x_{45})$;

- f_5 – оцінювання рівня професійних навичок випускника – $f_5 = f(x_{51}, \dots, x_{510})$.

У свою чергу оцінювальними параметрами для цих функцій є: x_{11} – зорове сприйняття, x_{12} – слухове сприйняття, x_{13} – пам'ять (мнемічні дії), x_{14} – уява (імажинітивні дії), x_{15} – усна мова (інтерперсональні дії), x_{16} – емоційно-вольова регуляція (самоконтроль), x_{17} – психомоторика (рухові дії); x_{21} – рівень інтелектуального розвитку, x_{22} – знання гуманітарно-соціальних наук, x_{23} – рівень знань професійно-направлених дисциплін, x_{24} – рівень системності підготовки, x_{25} – здатність до самонавчання; x_{31} – уважність (дії зовнішнього контролю), x_{32} – товариськість (інтерперсональні дії), x_{33} – розумові навички, x_{34} – навички міжособистісної комунікації, x_{35} – рівень виконавської дисципліни, x_{36} – компромісність, x_{37} – самоорганізованість та відповідальність, x_{37} – рівень соціальної адаптації (здатність до колективної праці); x_{41} – технічні здібності (вміння засвоювати та використовувати технічні можливості), x_{42} – словесно-логічні здібності (вміння спілкуватися, логічні дії), x_{43} – соціальні та організаторські здібності, x_{44} – рівень культурного, етичного і морального виховання, x_{45} – уміння обґрунтовувати і обирати найкраще рішення; x_{51} – рівень досвіду в аналізі складних задач, ефективному їх вирішенні, x_{52} – готовність до роботи в умовах кризових явищ, вміння працювати на підприємствах і в організаціях, незалежно від форми власності, x_{53} – здатність генерувати нові ідеї, творчо мислити, грамотно опрацьовувати інформацію, x_{54} – рівень професійної конкурентоспроможності, x_{55} – здатність до вивчення та прогнозування споживацького попиту, x_{56} – здатність до розробки стратегій та ведення рекламної діяльності, x_{57} – здатність до оброблення інформації засобами спеціалізованих інформаційних систем, x_{58} – спроможність підтримки сучасних Інтернет-технологій управління бізнесом, x_{59} – дотримання захисту бізнес-інформації в комп'ютерних системах, x_{510} – вміння грамотно оприлюднювати результати своєї діяльності.

Структурну модель процесу формалізації вищевикладеної математичної моделі розглянемо на рис. 1.

Оскільки потенційний роботодавець, що оцінює рівень підготовки випускника спроможний проаналізувати 7 ± 2 чинники [1] і при цьому безпомилково прийняти кадрове рішення з високим ступенем точності, то доцільним є сформулювати за критеріями повноти та дієвості таку множину вихідних рішень $Y = (y_s), s = \overline{1, S}$:

- y_1 – високий рівень якості підготовки випускника технічного вишу;

- y_2 – середній рівень якості підготовки випускника технічного вишу;

- y_3 – низький рівень якості підготовки випускника технічного вишу.

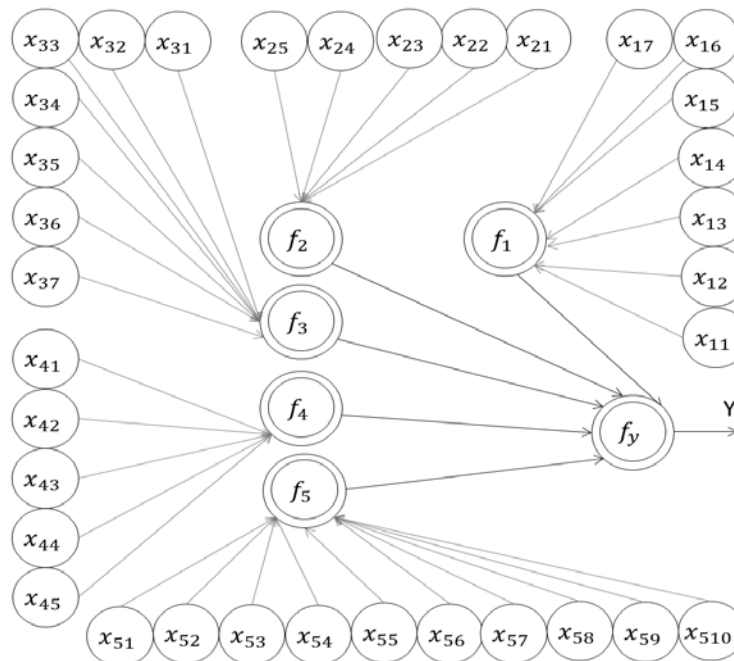


Рис. 1. Структура нечіткої моделі оцінки якості підготовки випускників технічних вишів

ЕТАП 1. ПРОЦЕДУРА ФОРМАЛІЗАЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НА БАЗІ АПАРАТУ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Кількісні та якісні оцінювальні параметри розраховуються на базі множини вхідних первинних параметрів X^* . Для відображення множини вхідних первинних параметрів X^* на множини вихідних параметрів Y скористаємося математичним апаратом нечітких множин. Нечітка логіка має особливу перевагу для розв'язку поставленої задачі з урахуванням необхідності отримання кардинальних оцінок якісних параметрів.

Для оцінювальних параметрів будемо використовувати єдину шкалу лінгвістичних термів: Н – низький, С – середній, В – високий.

Множина X оцінювальних параметрів складається з кількісних: $x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}$ та якісних параметрів впливу (решта). Оскільки для оцінювання значення функцій належності оцінювальних параметрів необхідно мати значення лінгвістичних термів цих показників, то для якісних параметрів пропонується такий підхід.

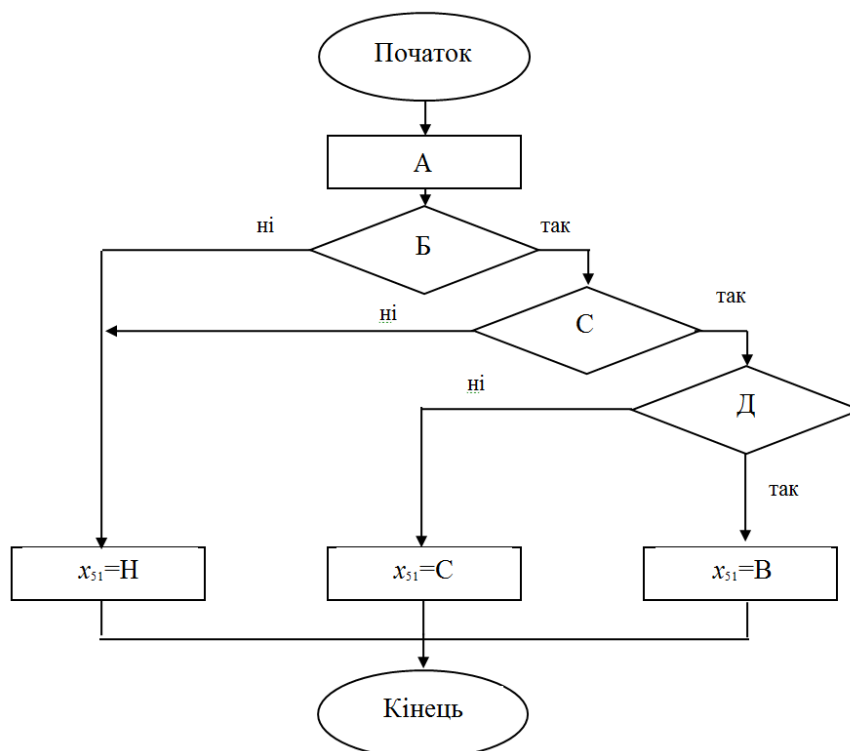


Рис. 2. Граф-схема алгоритму визначення параметру x_{51}

Розглянемо, наприклад, оцінювання якісного параметру x_{51} – рівень досвіду в аналізі складних задач, ефективному їх вирішенні – відповідним лінгвістичним термом, що здійснюється на базі таких якісних параметрів: кваліфікація співробітників, досвід роботи та наявність вищої освіти. Пропонуємо такий алгоритм обчислення параметру x_{51} , граф-схема якого наведена на рис. 2. Тут А – аналіз особової картки працівника; Б – високий рівень кваліфікації; С – високий рівень успішності розв’язуваних задач; Д – високий ступінь комплексності та неструктурованості розв’язуваних задач.

Для визначення параметру x_{53} – рівень професійної конкурентоспроможності – пропонується використовувати такі характеристики, що найбільш повно його описують і мають бальну оцінку (табл. 1).

Таблиця 1

Професійні характеристики оцінювання іміджу керівника	
Найменування параметра	Бальна оцінка - b_i
Рівень спеціальних знань	[0 – 5]
Компетентність	[0 – 5]
Здатність приймати рішення	[0 – 5]
Довіра співробітників	[0 – 4]
Оперативність	[0 – 2]
Комунікативність	[0 – 2]

Скориставшись експертними знаннями щодо впливу вхідних параметрів, описаних у табл. 2, на рівень професійної конкурентоспроможності, обчислення параметру x_{53} пропонується здійснювати за допомогою такого співвідношення:

$$x_{53} = \begin{cases} H, & \text{якщо } 0 \leq \sum_{i=1}^6 b_i \leq 8; \\ C, & \text{якщо } 8 < \sum_{i=1}^6 b_i \leq 14; \\ B, & \text{якщо } 14 \leq \sum_{i=1}^6 b_i \leq 23. \end{cases}$$

Аналогічним чином можна ідентифікувати значення усіх якісних оцінювальних параметрів x_{ij} , множини X. Для кількісних параметрів – $x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}$ є свої залежності для розрахунку [2].

Після оцінювання значень множини вхідних параметрів, обчислюємо значення функцій їх належності.

Для цього визначимо функції належності для кожного параметру окремо.

Кожен кількісний параметр описується окремою функцією належності трьом нечітким термам як зображено на рис. 3.

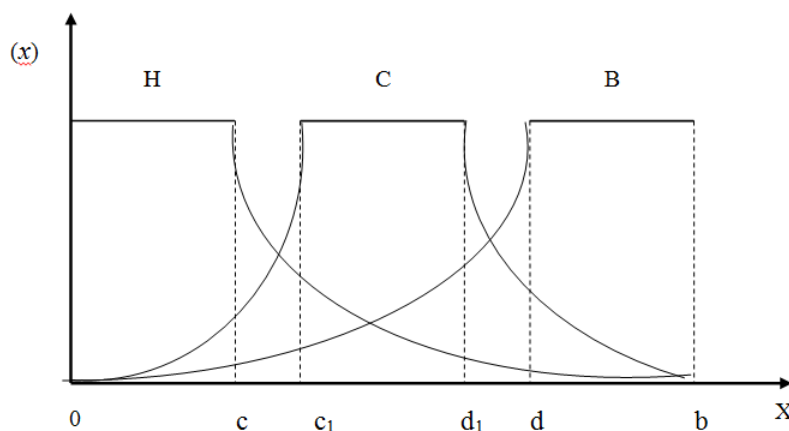


Рис. 3 – Функції належності трьох нечітких термів для кількісних параметрів

$$\mu^H(x) = \begin{cases} 1, & x \in [a, c]; \\ \frac{b-x}{b-c}, & x \in [c, b], \end{cases} \quad \mu^C(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{c_1-a}, & x \in [a, c_1]; \\ 1, & x \in (c_1, d_1); \\ \frac{b-x}{b-d_1}, & x \in [d_1, b], \end{cases} \quad \mu^B(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{d-a}, & x \in [a, d]; \\ 1, & x \in (d, b]. \end{cases}$$

Значення c, c_1, d_1, d, b для кожного кількісного параметру визначаються, виходячи із запропонованого діапазону змінювання параметрів.

Якісні параметри $x_{ij}, j \in M$, автори також пропонують описувати відповідним t лінгвістичним термом $t = \overline{1, T}$ із множини термів T . Оберемо 3 лінгвістичних терма ($T=3$): ($\tau_1 - B$; $\tau_2 - C$; $\tau_3 - H$). Для $T=3$ побудуємо графіки функцій належності, як зображено на рис. 4 [3].

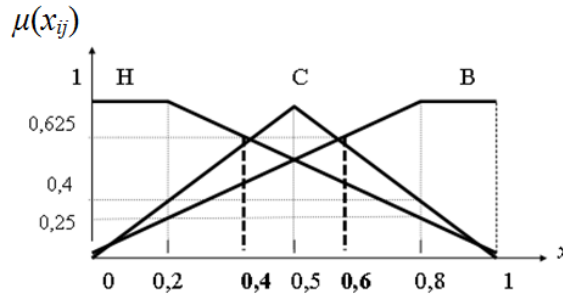


Рис. 4. Функції належностей для якісних оцінювальних параметрів

Виходячи з графіків функцій, значення $\mu^t(x_{ij})$ будемо визначати таким чином. Якщо якісний параметр характеризується термом «низький», то значення функцій належності визначають при $x = 0,2$. При цьому $\mu^H(0,2) = 1$; $\mu^C(0,2) = 0,4$; $\mu^B(0,2) = 0,25$. Якщо якісний параметр описується термом «середній», то $\mu^C(0,5) = 1$; $\mu^H(0,5) = \mu^B(0,5) = 0,625$. А для терму «високий» – $\mu^H(0,8) = 0,25$; $\mu^C(0,8) = 0,4$; $\mu^B(0,8) = 1$. Ці точні значення функцій належності отримані, виходячи з аналітичних виразів відповідних функцій при $x = 0,2; 0,5; 0,8$. Вся сукупність значень функцій належності для $t=3$ наведена у табл. 2. $\mu^H(x)$

Таблиця 2

Значення функцій належностей для $t = 3$ для якісних параметрів

Терм	$\mu^H(x)$	$\mu^C(x)$	$\mu^B(x)$
H	1	0,4	0,25
C	0,625	1	0,625
B	0,25	0,4	1

Для визначення математичних виразів, що описують функції належності якісних параметрів, скористаємося рівнянням прямої. Виходячи з цього, отримуємо такі вирази для опису вигляду функцій належності:

$$\mu^H(x_{ij}) = \begin{cases} 1, & x_{ij} \in [0; 0,2]; \\ \frac{1-x_{ij}}{0,8}, & x_{ij} \in (0,2; 1], \end{cases} \quad \mu^C(x_{ij}) = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{0,5}, & x_{ij} \in [0; 0,5]; \\ \frac{1-x_{ij}}{0,5}, & x_{ij} \in (0,5; 1], \end{cases} \quad \mu^B(x_{ij}) = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{0,8}, & x_{ij} \in [0; 0,8]; \\ 1, & x_{ij} \in (0,8; 1]. \end{cases}$$

Процес оцінювання рівня якості підготовки випускників вишів на базі математичного апарату нечіткої логіки має містити механізм чіткого логічного висновку для визначення $y_s, s = \overline{1, S}$, на основі відповідної вихідної інформації. Тому необхідним етапом аналізу є формування матриць знань, які було складено для кожної $f_i(x_{ij}), i = \overline{1, n}, j \in M$ для оцінювання належності значення функцій $f_1 - f_s$ до вищеписаних термів τ_i та отримання відповідних логічних рівнянь:

$$\mu^{\tau_1}(f_1) = \max_{r=1}^s \mu^{\tau_1} = \{ \min [\mu^{cr_1}_{j-1}(x_{1j})] \}; r = \overline{1, S}, j = \overline{1, S}$$

$$\mu^{\tau_2}(f_2) = \max_{r=1}^s \mu^{\tau_2} = \{ \min [\mu^{cr_2}_{j-1}(x_{2j})] \}; \mu^{\tau_3}(f_3) = \max_{r=1}^s \mu^{\tau_3} = \{ \min [\mu^{cr_3}_{j-1}(x_{3j})] \};$$

де r – номер рядку в множині значень для функції $f_i, i = \overline{1, 3}; s = \overline{5, 8}$.

j – номер оцінювального параметру в підмножині параметрів x_{ij} , що визначають агрегуючу функцію f_i .

$$\mu^{\tau_4}(f_4) = \max_{k=1}^s \mu^{\tau_4} = \{ \min [\mu^{cr_4}_{j-1}(x_{4j})] \}; k = \overline{1, 5}, \mu^{\tau_5}(f_5) = \max_{k=1}^s \mu^{\tau_5} = \{ \min [\mu^{cr_5}_{j-1}(x_{5j})] \};$$

де k – номер рядку в множині значень для f_k .

Отже, для оцінювання функції f_1 – оцінювання рівня психофізичних якостей випускника – експертами було складено такі логічні рівняння, що визначають її рівень і набувають такого вигляду:

$$\begin{aligned} \mu_{f_1}^{\bar{a}} &= \mu^{\bar{a}}(x_{11}, \dots, x_{17}) = \mu^{\bar{a}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{a}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{a}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{a}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{a}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{a}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{a}}(x_{17}) \vee \\ &\mu_{f_1}^{\bar{c}} = \mu^{\bar{c}}(x_{11}, \dots, x_{17}) = \mu^{\bar{c}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{c}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{c}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{c}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{c}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{c}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{c}}(x_{17}) \vee \\ &\mu_{f_1}^{\bar{h}} = \mu^{\bar{h}}(x_{11}, \dots, x_{17}) = \mu^{\bar{h}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{h}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{h}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{h}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{h}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{17}) \vee \\ &\mu^{\bar{h}}(x_{11}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{12}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{13}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{14}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{15}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{16}) \cdot \mu^{\bar{h}}(x_{17}) \vee \end{aligned}$$

У цих функціях знак « \vee » позначає логічну операцію «АБО», а логічна операція «І» позначена « \cdot ».

Тому при визначенні шуканого результату з логічного запису сукупності функцій належності, об'єднаних операцією І (\cdot), обирається мінімальне значення, а серед сукупності функцій належності, об'єднаних операцією АБО (\vee) – максимальне значення.

$$\text{Отже, } \mu^{r*}(f_1) = \max_{s=1}^8 \{ \min [\mu^{r*}_{j=1} (x_{1j})] \}; r = \overline{1,6}$$

де r – номер рядку в множині значень для f_i функції, де, $s = (1 - 3; 5 - 8)$.

Аналогічні матриці знань та відповідні їм логічні рівняння складено для решти чотирьох функцій f_i (x_{ij}).

Отже, процес оцінювання якості підготовки випускників технічних вишів складається з двох етапів.

На першому – засобами НЛ оцінюються лінгвістичні значення узагальнюючих функцій $f_1 - f_5$, що характеризуються трьома вищеописаними термами $\tau_i \in (H, C, V)$.

На другому етапі на основі нейронної мережі Хопфілда авторами статті визначається належність комбінації вхідних значень узагальнюючих функцій $f_1 - f_5$ до одного з можливих вихідних рівнів якості підготовки випускників.

ЕТАП 2. ПРОЦЕДУРА ФОРМАЛІЗАЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ВИПУСКНИКІВ ВИШІВ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ХОПФІЛДА

Оскільки процес оцінювання якості підготовки випускників складається з двох етапів (перший – засобами НЛ оцінюються лінгвістичні значення узагальнюючих функцій $f_1 - f_5$, що характеризуються 3 вищеописаними термами τ_i), то на другому етапі на основі нейронної мережі Хопфілда авторами статті визначається належність якості підготовки до одного із можливих його рівнів.

На етапі 2 для визначення $\mu^{j*}, s = \overline{1,3}$, автори пропонують нейронну мережу Хопфілда, входами для якої є отримані на етапі 1 на базі НЛ лінгвістичні оцінки функцій $f_i, i = \overline{1,5}$. Виходячи зі специфіки роботи мережі Хопфілда, автори пропонують на її вхід подавати бінарні коди z_i («1» та «-1») значень функцій $f_i, i = \overline{1,5}$. Формат коду опишемо трьома цифрами, щоб закодувати 3 лінгвістичні терма: низький рівень функції $f_i - (-1, -1, -1)$; середній рівень функції $f_i - (-1, 1, 1)$; високий рівень функції $f_i - (1, 1, 1)$.

Запропонована мережа Хопфілда (рис. 5) дозволяє співставити образ вхідного вектора $Z = (z_i)$, $i = \overline{1,5}$, $L = \overline{1,3}$, що описує коди значень функцій $f_i, i = \overline{1,5}$, із 3 еталонними зразками (табл. 3), обраними як найбільш типові з рядків логічних рівнянь, визначаючи найближчий еталонний вектор $U = (u_i)$ (вихід системи).

