DOI [https://doi.org/10.15589/znp2020.1\(479\).17](https://doi.org/10.15589/znp2020.1(479).17)
УДК 336.7

USING FUZZY LOGIC ELEMENTS IN HUMANITIES

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У ГУМАНІТАРНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Yuliya O. Rudenko

yango641@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3162-1216

Nelya V. Degtyareva

degtyarevanv@fizmatsspu.sumy.ua

ORCID: 0000-0001-9590-4915

Artem O. Yurchenko

a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua

ORCID: 0000-0002-6770-186X

Olena V. Semenikhina

e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua

ORCID: 0000-0002-3896-8151

Ю. О. Руденко

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформатики

Н. В. Дегтярьова

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформатики

А. О. Юрченко

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформатики

О. В. Семеніхіна

доктор педагогічних наук, професор кафедри інформатики

Makarenko Sumy State Pedagogical University, Sumy

Сумський педагогічний університет імені А.С.Макаренка, м. Суми

Abstract. Objective: to show the feasibility of using fuzzy set theory as one of the basic components of artificial intelligence in medical, financial, economic, trade and other fields.

Method. Analysis of the mathematical apparatus of fuzzy set theory for informal data, analysis of the development of digital technologies that allow automation of this process.

Results. The article proves the importance and expediency of applying fuzzy set theory to humanities research.

Scientific novelty. It is substantiated that the use of mechanisms of fuzzy logic allows for multicriterial analysis of various social, psychological, pedagogical characteristics (comprehensive assessment of competencies, choice of profession, competitive selection for the position, etc.).

Practical significance. The article gives an example of the mechanism of using fuzzy set theory, as well as the results of such use. The article presents the basic concepts, examples of its application in expert systems, neural networks and artificial intelligence systems to independently build a model of fuzzy knowledge, development of linguistic variables and the use of spreadsheets or specialized programs.

Key words: theory of fuzzy logic; linguistic variables; humanitarian research; Teacher Education.

Анотація. Мета: показати доцільність використання теорії нечітких множин як одної з базових складових штучного інтелекту в медичній, фінансовій, економічній, торгівельній та інших галузях.

Методика. Аналіз математичного апарату теорії нечітких множин для неформалізованих даних, аналіз розвитку цифрових технологій, які уможливають автоматизацію цього процесу.

Результати. У статті доводиться важливість і доцільність застосування теорії нечітких множин для гуманітарних досліджень.

Наукова новизна. Обґрунтовано, що використання механізмів нечіткої логіки дозволяє проводити багатокритеріальний аналіз різних соціальних, психологічних, педагогічних характеристик (комплексна оцінка компетенцій, вибір професії, конкурсний відбір на посаду тощо).

Практична значущість. У статті наводиться приклад механізму використання теорії нечітких множин, а також результати такого використання. В статті представлені основні поняття, наведені приклади її застосування в експертних системах, нейронних мережах та системах штучного інтелекту до самостійної побудови моделі подання нечітких знань, розробки лінгвістичних змінних і використання табличного процесору або спеціалізованих програм.

Ключові слова: теорія нечіткої логіки; лінгвістичні змінні; гуманітарні дослідження, нечіткі множини.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Однією з особливостей розумової діяльності людини є те, що вона мислить абстрактними категоріями. Для такого мислення характерні нечіткі терміни, декількісні та неточні висновки. І, якщо на перший погляд здається, що це є недоліком людського мислення, то при більш глибокому аналізі, виявляється, що таке мислення має певні переваги. Завдяки такій нечіткості та розмитості людина здатна розшифрувати незрозумілий почерк, виявляти певні закономірності, представлені неявно і неповно, впізнавати образи, надавати вичерпні характеристики фрагментарним даним.

Вважати класичну двозначну математичну логіку взірцем ідеального мислення на сучасному етапі розвитку науки не є правильним. Методи класичної «чіткої» логіки часто виявляються неефективними, особливо для гуманітарних досліджень, і це змушує шукати нові інструменти опису для неформалізованих, якісних характеристик. Як наслідок, науковці все частіше визнають доцільність мислення, що базується не на прямому переборі набору альтернатив, а на якісній оцінці, так званій «нечіткій логіці».

Некоректні, неформалізовані задачі існують в усіх предметних областях. Такі задачі дуже часто зустрічаються у гуманітарних дослідженнях. Наприклад, при визначенні рівня компетентності, ступеня підготовленості студентів, профорієнтаційних дослідженнях, конкурсних відборах на певну посаду точні знання отримати неможливо, можливо лише максимально наблизитися до них. Для цього необхідні методи представлення нечітких знань і механізми виведення висновків на їх основі.

При багатокритеріальному аналізі певних характеристик, більшість з яких має «розмитий» характер, як-то «недостатнє фінансування», «низька якість підручників», «більш-менш сприятливі умови» особливо чітко простежується потреба в інструментарії, який передбачає не тільки чіткі відповіді «так-ні», а й різні проміжні значення, які втілюють вірогідність настання події.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Засновником математичної дисципліни, в основу якої покладена теорія нечітких множин є Лафті Заде [1]. Головна його ідея полягала у тому, що спосіб мислення, характерний для людини, не може бути описаним у рамках традиційних математичних формалізмів. Л. Заде зробив перший крок до зближення точності класичної математики з масовою нечіткістю реального світу. За прагматичну мету Л.Заде ставив створення такого математичного апарату, який був би здатним моделювати людські міркування та пояснювати людські прийоми прийняття рішень. Для нової області науки ним була надана назва – «fuzzy logic».

Поступово, з прогресивним розвитком науки і техніки, математичний апарат, який переводить неоднозначні висловлювання на мову чіткої формалізованої математики почав отримувати широке прикладне поширення і став предметом численних досліджень.

Сьогодні теорія нечітких множин широко застосовується в експертних системах, нейронних мережах та системах штучного інтелекту, а у світі представлена достатня кількість наукових праць на зазначену тематику. Теоретичні основи теорії нечітких множин закладені у роботах Б. Коско, автора теореми FАT (Fuzzy Approximation Theorem) [2], [3]. Згідно з цією теоремою класична математика може бути апроксимована засобами нечіткої логіки. Ідея Л.Заде, підтверджена теоремою Б.Коско, отримала широке визнання після того, як експертна система, розроблена на основі нечітких правил, єдина у світі спрогнозувала біржову кризу 1988 року [4].

Теорія нечітких множин отримала широке прикладне застосування в автомобільній, транспортній, фінансовій, медичній та інших сферах. Ця теорія дозволяє структурувати ті людські міркування, що наділені недостатньо чіткими межами, суб'єктивними абстрактними оцінками. Такі міркування характерні для гуманітарних досліджень, зокрема, в області педагогіки, де дослідження якісних характеристик переважають над дослідженнями кількісних. Можливості «м'якої» математики у гуманітарних дослідженнях вивчали М.І. Вершинін, Л.П. Вершиніна [5]. Ними доведено, що класичний кількісний аналіз має свої межі, за якими можуть бути втрачені якість та глибина. Раціональну шкалу для вимірювання властивостей гуманітарних об'єктів можна отримати, застосовуючи, нечітку логіку.

Проблематику, моделі і перспективи «м'яких» математичних моделей досліджує В. Арнольд [6]. Проектування інтелектуальних навчальних систем на основі теорії нечітких множин розглядає С.Таркановський [7]. Ним розроблено автоматизоване середовище побудови індивідуальних траєкторій для медичних послуг. Продемонстрована можливість застосування апарату теорії нечітких множин при проектуванні технологій дистанційного навчання у наукових працях А. Смирновим [8].

Широке коло можливостей розробки нечітких моделей у проведенні різнопланових досліджень висвітлено А.Леоненковим. Він також ретельно описує особливості нечіткого моделювання у програмних середовищах MATLAB і fuzzyTECH [9]. Значення теорії нечітких множин у своїх педагогічних дослідженнях приділяє О.Рева. Автором, сумісно з іншими, розроблено моделі «полегшеної шкали оцінювання», зокрема, для вимірювання недисциплінованої поведінки студентів [10], [11], [12].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Висвітлення важливості нечіткої проблематики для гуманітарних досліджень та розробка ефективних і доступних методів використання нечіткого моделювання.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Для нечітких множин, як і для класичних, визначені основні логічні операції, найуживанішими серед яких є перетин, об'єднання, різниця, симетрична різниця, доповнення, алгебраїчне доповнення, множення на число. Відмінність полягає у впровадженні операторів мінімуму – для перетину множин і максимуму – для об'єднання двох нечітких множин [13].

Нехай множина A задана функцією $\mu_A(u)$, множина B – $\mu_B(u)$, множина C – функцією $\mu_C(u)$. Множина C є результатом операцій перетину, об'єднання, інвертування (1).

$$C = A \cap B: \mu_C(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u));$$

$$C = A \cup B: \mu_C(u) = \max(\mu_A(u), \mu_B(u));$$

$$C = A: \mu_C(u) = 1 - \mu_A(u). \quad (1)$$

Для операцій перетину та об'єднання двох нечітких множин застосовуються закони комутативності, асоціативності, дистрибутивності та методи композиції множин.

Розглянемо прикладне застосування теорії нечітких множин. Розв'яжемо наступне завдання: на осно-

ві бінарних нечітких множин побудувати модель, що консультує учня у виборі майбутньої професії.

Нехай, нечітка множина X – множина спеціальностей. $X = \{\text{«керівник»}, \text{«програміст»}, \text{«водій»}, \text{«журналіст»}, \text{«вчитель»}\}$.

Нечітка множина Y – множина професійних характеристик. $Y = \{\text{«гнучкість мислення»}, \text{«швидкість прийняття рішень»}, \text{«сконцентрованість уваги»}, \text{«зорова пам'ять»}, \text{«швидкість реакції»}, \text{«комунікабельність»}, \text{«фізична активність»}, \text{«координація рухів»}, \text{«емоційна стійкість»}, \text{«відповідальність»}\}$.

Нечітка множина Z – множина учнів-старшокласників. $Z = \{\text{«Петренко»}, \text{«Іваненко»}, \text{«Сидоренко»}, \text{«Василенко»}, \text{«Грищенко»}\}$

Значення функцій належності для створених множин представлені у таблицях 1 і 2.

Експертні оцінки визначають степені належності до зазначених характеристик учнів.

Розглянуті множини задовольняють формальним вимогам, необхідним для виконання нечіткої композиції за формулою 2 [2].

$$\mu_{Q.R}(\langle x_i, x_j \rangle) = \max \left\{ \min \left\{ \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle), \mu_Q(\langle x_j, x_k \rangle) \right\} \right\} \quad (2)$$

Результат операції нечіткої композиції представлений в табличній формі (таблиця 3).

Значення функції належності отримано за формулами 1. Спочатку знаходяться мінімальні зна-

Таблиця 1. Нечітка множина профорієнтації

Професія	Множина професійних характеристик Y									
	Гнучкість мислення	Швидкість прийняття рішень	Сконцентрованість уваги	Зорова пам'ять	Швидкість реакції	Комунікабельність	Фізична активність	Координація рухів	Емоційна стійкість	Відповідальність
Керівник	0,9	0,9	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,2	0,9	0,8
Програміст	0,8	0,5	0,9	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
Водій	0,3	0,9	0,6	0,5	0,9	0,8	0,9	0,8	0,6	0,3
Журналіст	0,5	0,4	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,9	0,8

Таблиця 2. Нечітка множина кандидатів

Професійні характеристики	Прізвища абітурієнтів				
	Петренко	Іваненко	Сидоренко	Василенко	Грищенко
Гнучкість мислення	0,9	0,8	0,7	0,9	1
Швидкість прийняття рішень	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6
Сконцентрованість уваги	0,5	0,2	0,3	0,8	0,7
Швидкість реакції	1	0,6	0,5	0,7	0,4
Комунікабельність	0,4	0,5	1	0,7	0,8
Фізична активність	0,5	0,8	0,9	0,5	0,4
Координація рухів	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5
Емоційна стійкість	0,8	1	0,2	0,5	0,6
Відповідальність	0,3	0,5	0,9	0,6	0,8

Таблиця 3. Нечітка композиція двох множин

Професія	Прізвища абітурієнтів				
	Петренко	Іваненко	Сидоренко	Василенко	Грищенко
Керівник	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
Програміст	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Водій	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
Журналіст	0,8	0,9	0,8	0,6	0,8
Вчитель	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7

чення всіх пар елементів першого рядка таблиці 3 і першого стовбця таблиці 4. $\min\{0,9, 0,9\}=0,9$, $\min\{0,9, 0,8\}=0,8$ і так далі. Після знаходження всіх 10 мінімальних елементів функції належності серед них знаходимо максимальний елемент, який і є шуканим значенням $\mu_{O.R}(\langle x_i, x_j \rangle) = \max\{0,9, 0,8, 0,5, 0,4, 0,5, 0,3, 0,5, 0,2, 0,8, 0,3\}=0,9$ Решта значень функції знаходиться аналогічно.

Таблиця 3 свідчить, що найкращою професією для Петренко рекомендовані професії «керівник», «водій»; для Іваненка – «керівник», «журналіст»; для Сидоренка – «водій»; для Василенка і Грищенко – «керівник».

Сформувані правила логічного виводу, відстежити помилки у зазначеному завданні можливо у табличному процесорі та за допомогою програмних засобів, зокрема, у програмі Matlab. На рисунку представлено вікно програми, яке візуалізує дві вхідні нечіткі множини і результат їх обробки (рис.1.). Автоматизація процесів, що передбачена програмою для виконання подібних завдань, дозволяє проводити самостійну дослідницьку роботу педагогам, психологам, соціологам та іншим професіоналам гуманітарної сфери.

Доцільно моделювали завдання типу «оцінка професійних компетенцій», «вибір старости групи», «якість викладання дисципліни» або розробляти будь-яку модель за власним бажанням. Послідовність виконання завдання включає: постановку, формалізацію нечітких даних, встановлення правил виводу, створення в електронних таблицях, використання спеціального програмного середовища, візуалізація. Самостійне виконання подібних завдань дозволили студентам відчутти значний потенціал прикладну роль нечітких множин.

Рис. 1. Вікно програми Matlab

ВИСНОВКИ

Таким чином, вивчення теоретичних основ і методів нечіткого моделювання має величезне прикладне значення для більшості галузей людської діяльності, зокрема, і для педагогічної. Величезний потенціал теорії нечіткої логіки зумовив впровадження матеріалу у склад професійної підготовки майбутніх вчителів. Поетапне вивчення теорії нечітких множин з практичною реалізацією і самостійною роботою виявилися ефективними. Анкетування свідчить про зацікавленість студентів у подальшому вивченні і використанні теорії нечітких множин у подальшій педагогічній дослідницькій діяльності.

У перспективі наших розвідок популяризація педагогічних досліджень на основі теорії нечітких множин, зокрема, застосування інших програмних засобів – програми Deductor та аналітичної платформи Loginom [14].

REFERENCES

- [1] Zade, L. (1976). Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ee primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy: Per. s angl. N.I.Ringo. [in Russian]
- [2] Kosko, B. (1991). Neural Networks and Fuzzy Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [3] Kosko, B. (1986). Fuzzy Cognitive Maps. International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 1. pp. 65-75.
- [4] The White House, Office Management and Budget: Summary of Receipts, Outlays, and Surpluses or Deficits: 1789–2021 Retrieved from: <https://fred.stlouisfed.org/series/CPIAUCNS/>
- [5] Vershynyn, M. Y., Vershynyna, L. P. (2007). Prymenenye nechetkoi lohyky v humanytarnykh yssledovaniyakh. Byblyosfera, No 4, pp. 43–47. [in Russian].
- [6] Arnold, V. I. (2004). «Zhestkie» i «myagkie» matematicheskie modeli. M. : MCzNMO. [in Russian].
- [7] Tarakanovskiy, S. N. (2010). E'kspertnaya sistema v oblasti mediczynskikh uslug (prikladnoye programmirovaniye v Microsoft Excel). V 3 ch. Irkutsk: Izd-vo Irkut. un-ta. [in Russian].

- [8] Smirnov, A. A. (2016). Primenenie nechetkoj logiki pri formirovanii znanij. Innovacionnaya nauka, No 3–2 (15). Pp. 184–186 [in Russian].
- [9] Leonenkov, A. V. (2003). Nечеткое моделирование в среде MATLAB fuzzyTech. SPb.BKhV-Peterburg, [in Russian].
- [10] Reva, O. M., Chabak, A. A. (2004). Uzaahneni analiz rezultativ vykhidnykh vymiruvan i otsinok nedystsyplinovanoi povedinky studentiv. Ukraina – Polshcha: naukovi studii susidiv-partneriv. Kirovohrad – Koshalin.: Imeks LTD. [in Ukrainian].
- [11] Reva, O.M., Chabak, A., Bidnenko, R.P., Petrova, Yu.V. (2005). Porivnialnyi analiz dumok vykladachiv i studentiv shchodo vazhlyvosti ta znachushchosti kharakternykh rys nedystsyplinovanosti. Aktualni problemy i perspektivy rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini: Zb. m-liv V nauk.-prakt. konf. Kirovohrad: SPI "Pedahohichna akademiia", KIK. [in Ukrainian].
- [12] Reva, O.M., Shtanko, O.F., Dobrianskyi, I.A. (2006). 12 baliv: ukraïnskyi kompromis yevropeiskoi "polehshenoï shkaly otsiniuvannia". Vyshcha shkola: Naukovo-praktychne vydannia. K. [in Ukrainian].
- [13] Cherniavskaia, E. (2011). Prymenenye teoryi nechetkoi lohyky dlia otsenky professyonalnoi pryhodnosti shkolnykov Vestnyk NHU. Seryia: Pedahohyka. Tom 12. Retrieved from: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/3121> [in Russian].
- [14] Maliar, M. M., Shtymak, Yu. (2015). Model vyznachennia rivnia kompetentnosti vypusnyka z vykorystanniam nechitkykh mnozhyn. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. No 22. pp. 151–157 [in Ukrainian].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Заде, Л. (1976). Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. Н. И. Ринго. М.: Мир.
- [2] Kosko, B. (1991). Neural Networks and Fuzzy Systems. NJ: Prentice-Hall.
- [3] Kosko, B. (1986). Fuzzy Cognitive Maps. International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 1. P. 65-75.
- [4] The White House, Office Management and Budget: Summary of Receipts, Outlays, and Surpluses or Deficits: 1789–2021. Retrieved from: <https://fred.stlouisfed.org/series/CPIAUCNS>
- [5] Вершинин, М. И., Вершинина, Л. П. (2007). Применение нечеткой логики в гуманитарных исследованиях. Библиосфера, №4, с. 43 – 47.
- [6] Арнольд, В. И. (2004). «Жесткие» и «мягкие» математические модели. М.: МЦНМО.
- [7] Таракановский, С. Н. (2010). Экспертная система в области медицинских услуг (прикладное программирование в Microsoft Excel). В 3 ч. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та.
- [8] Смирнов, А. А. (2006). Применение нечеткой логики при формировании знаний. Инновационная наука, № 3–2 (15). С. 184–186.
- [9] Леоненков, А. В. (2003). Нечеткое моделирование в среде MATLAB fuzzyTech. СПб.БХВ-Петербург.
- [10] Рева, О. М., Чабак, А. А. (2004). Узагальнений аналіз результатів вихідних вимірювань і оцінок недисциплінованої поведінки студентів./ Україна – Польща: наукові студії сусідів-партнерів. Кіровоград – Кошалін.: Імекс ЛТД.
- [11] Рева, О. М., Чабак, А. А., Бідненко, Р. П., Петрова, Ю. В. (2005). Порівняльний аналіз думок викладачів і студентів щодо важливості та значущості характерних рис недисциплінованості. Актуальні проблеми і перспективи розвитку вищої освіти в Україні: Зб. мат-ів V наук.-практ. конф. Кіровоград: СП «Педагогічна академія», КІК, С.41-48.
- [12] Рева, О. М., Штанько, О.Ф., Добрянський, І. А. (2006). 12 балів: український компроміс європейської «полегшеної шкали оцінювання». Вища школа: Науково-практичне видання. К., С. 56- 59.
- [13] Чернявская, Е. (2011). Применение теории нечеткой логики для оценки профессиональной пригодности школьников Вестник НГУ. Серия: Педагогика. Том 12. URL: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/3121>
- [14] Маляр, М. М., Штимак, А. Ю. (2015). Модель визначення рівня компетентності випускника з використанням нечітких множин. Управління розвитком складних систем. № 22. С. 151 – 157.