

6. Клейман Г.М. Школы будущего: компьютер в процессе обучения. – М.: Радио и связь. 1987. – 177 с.

7. Петрик А.И. Некоторые общедидактические вопросы использования информационных технологий в учебном процессе // Материалы межвузовской научно-практической конференции 27-28 апреля 1989 г. Киев. КГПИ им. А.М. Горького. Из-во "Радянська школа". 1990. – С. 22-28.

8. Разумовский В.Г. ЭВМ, школа и научно-педагогическое обеспечение // Советская педагогика. – 1985. – №9. – С. 12-16.

Информатизация учебного процесса должна способствовать углублению и расширению базы знаний – основы творческой деятельности будущего специалиста

Жалдак М. И.

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы информатизации учебного процесса. Обсуждается необходимость создания компьютерно-ориентированных методических систем обучения всем предметам и педагогически выверенного использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, педагогически выверенное использование, компьютерно-ориентированные системы обучения.

Informatization of the educational process should help to deepen and broaden the knowledge base - basis of the creative activity of the future professionals

Zhaldak M. I.

Resume. The paper is considered issues of informatization of learning process. Also in article is discussed about necessity of creating computer-oriented methodical training systems for all subjects and about the pedagogically well-founded use of ICT in learning process.

Key words: information and communication technologies (ICT), pedagogically well-founded, computer-oriented training systems.

УДК 378.011.3-051:004:16

Рамський Ю. С., Твердохліб І. А.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Основи нечіткої логіки – важливий компонент фахової підготовки майбутніх вчителів інформатики

Анотація: у статті розглядаються основи нечіткої логіки та сучасні галузі її застосування, наголошується на важливості вивчення основ нечіткої логіки студентами інформатичних спеціальностей педагогічних університетів.

Ключові слова: логіка, нечітка, вчитель, інформатика.

В наш час, порівняно з початками зародження логіки як науки, з'явилося багато неklasичних логічних течій (інтуїціоністська, модальна, релевантна, діалектична, конструктивна, багатозначна логіки, логіка причинності, квантової механіки тощо), проте, логіка як наука є єдиною теорією, оскільки і в традиційній, і в сучасній, і в будь-якого напрямку неklasичній логіці спільний предмет і методи. Так, в традиційній логіці використовується метод формалізації у нечистому вигляді, тобто поряд з символічною мовою використовуються елементи природної мови, тоді як в сучасній логіці використовується метод формалізації у чистому вигляді.

Вагоме місце серед усього різноманіття неklasичних логічних течій займає нечітка логіка, що знаходить застосування в експертних системах, способах подання знань і в системах штучного інтелекту, широко використовується для розв'язування задач управління та прийняття рішень в умовах невизначеності. Так, нечітке управління виявляється надзвичайно корисним, коли технологічні процеси є досить складними для їх опису та аналізу з використанням класичних методів, або за умов неякісної, неточної чи невизначеної інтерпретації вхідних даних [12, 13].

Багаторазові спроби науковців побудувати ефективні експертні системи та дослідження процесу людського мислення дали змогу зробити висновки про те, що людина, на відміну від цифрових машин, здатна приймати правильні рішення в умовах наявності неповних та нечітких відомостей. Тому важливим виявилось розв'язання проблеми створення управлінських цифрових систем на основі нечіткої логіки.

В рамках класичної логіки висловлень та предикатів неможливо враховувати різні ступені невизначеності, притаманні реальним системам. Натомість в нечіткій логіці вводиться цілий ряд можливих значень істинності висловлень (правильно, неправильно, не зовсім правильно, майже правильно, зовсім помилково тощо), яким ставиться у відповідність певне значення істинності з інтервалу $[0,1]$. В цьому випадку предикатами будуть функції, через які відображаються значення

істинності логічних висловлень не на множині $\{0,1\}$, а на будь-якій кількості дійсних значень з множини $[0,1]$. В нечіткій логіці вивчаються множини і предикати вказаного типу, і в ній розглядаються такі поняття як нечіткі множини, нечіткі відношення та нечіткі квантори [11, с. 443-444].

Як в класичній фізиці на межі ХІХ-ХХ століть виникла світоглядна криза, яка вирішена була зміною парадигми – обґрунтуванням квантової теорії та теорії відносності, так і в класичній логіці криза ХХ століття, пов'язана з виникненням великої кількості логічних течій, виникла теж своєрідна криза, що вирішилася визнанням неповноти, нечіткості та суперечності не недоліками, а навпаки – атрибутами мислення. Легко простежити аналогії між принципом невизначеності Гейзенберга та сформульованим основоположником теорії нечітких множин Л. Заде принципом несумісності «В міру зростання складності досліджуваних систем, наша здатність проводити точні і в той же час значущі роздуми про їх поведінку зменшується до деякої межі, за якою точність та осмисленість (релевантність) стають майже несумісними характеристиками» [8, с. 6].

Основи нечіткої логіки були закладені американським математиком Л. Заде у роботі “Fuzzy Sets”, опублікованій в 1965 році в журналі Information and Control, в якій закладено основи моделювання інтелектуальної діяльності людини і яка стала поштовхом до розвитку нової області науки – «fuzzy logic» (fuzzy – нечіткий, розмитий, м'який). Л. Заде розширив класичне канторівське поняття множини, припустивши, що характеристична функція може набувати будь яких значень з множини $[0;1]$, а не тільки 0 та 1, визначив ряд операцій над нечіткими множинами, запропонував узагальнення відомих методів логічного виведення modus ponens та modus tollens. Ввівши потім поняття лінгвістичної змінної та припустивши, що вона може набувати значень з нечітких множин, Л. Заде сформулював основи теорії нечіткого виведення, створив математичний апарат для опису процесів інтелектуальної діяльності, включаючи нечіткість та невизначеність висловлень.

На думку Л. Заде теорія нечітких множин – це крок назустріч до зближення точності класичної математики і неточності реального світу, до зближення, спричиненого постійним прагненням людини до кращого розуміння процесів мислення та пізнання [3, с. 6-7]. В своїх працях він спирається на думку, що логіка людського мислення базується не на класичній, і навіть не на багатозначній логіці, а на логіці з нечіткими значеннями істинності, з нечіткими зв'язками та нечіткими правилами виведення [1, 2].

Як відомо, апарат нечітких логік широко використовується для розв'язування задач, де вхідні дані є ненадійними та слабо формалізованими, а саме в таких галузях як нелінійний контроль за процесами виробництва; створення систем з автоматичним переналаштуванням; розпізнавання образів; фінансовий аналіз; дослідження даних; вдосконалення стратегій управління та координації дій тощо. Так, автори [6, 8] виокремлюють сильні сторони використання такого підходу:

- опис умов та методу розв'язування задачі мовою, близькою до природної;
- врахування різнотипних вхідних даних та досвіду з управління процесами даного типу, беручи до уваги різного роду виключення та особливості системи;
- універсальність, що базується на відомій теоремі Fuzzy Approximation Theorem, доведеної в 1993 році Б. Коско – будь яку математичну задачу можна апроксимувати системою, що базується на нечіткій логіці;
- ефективність розв'язування задач, що зумовлена використанням ряду теорем про повноту для штучних нейронних мереж.

Знання, з якими часто доводиться оперувати, не завжди можна точно описати. Такі знання називають нечіткими. Людям повсякденно доводиться розв'язувати різноманітні проблеми і робити висновки саме в середовищі нечітких знань. Для того, щоб для опрацювання нечітких знань можна було ефективно використовувати інтелектуальні системи і щоб ці системи вийшли за рамки простих символічних виведень і наблизилися до мислення людини, необхідно мати відповідні методи подання нечітких знань і механізм виведень. Поки знання, і не тільки нечіткі, не формалізовані і певним чином не описані, вони не можуть бути використані в інформаційних системах.

Слід зазначити, що зміст самого терміну «нечіткість» багатогранний і не цілком визначений. Нечіткості, з якими доводиться мати справу в інженерії знань, можна класифікувати, зокрема так:

- 1) недетермінованість виведень;
- 2) багатозначність;
- 3) ненадійність;
- 4) неповнота;
- 5) нечіткість чи неточність [9, с. 156].

Розв'язування будь якої математичної задачі починається з визначення множини об'єктів, що в ній будуть розглядатися, тому знайомство з основами теорії нечітких множин доцільно починати з визначення нечіткої множини. Під універсальною множиною E будемо розуміти множину всіх

об'єктів, що використовуються в задачі, а елементи цієї множини позначатимемо x . Нечіткою множиною $A \subset E$ називають множину впорядкованих пар $A = \{\mu_A(x)/x\}$, де $\mu_A(x)$ – характеристична функція належності, що набуває значення в деякій впорядкованій множині $M = [0,1]$.

В загальному символічному вигляді нечітку множину можна описати формулою:

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}.$$

Для класичного поняття множини характерним є однозначність трактування питання належності елемента до множини, тоді як для нечітких множин не завжди можна точно визначити, належить деякий елемент до множини, чи ні (рис. 1). В цьому випадку говорять про деяку ймовірність належності елемента до нечіткої множини і вводять функцію належності, через яку вказують на ступінь (рівень, ймовірність) належності елемента x до підмножини A , $\mu_A : E \rightarrow M$ – функція належності, за якою перетворюється універсальна множина E в M . Для випадку $M = \{0,1\}$ множина A збігається зі звичайною множиною, а функція належності збігається з характеристичною функцією множини A .

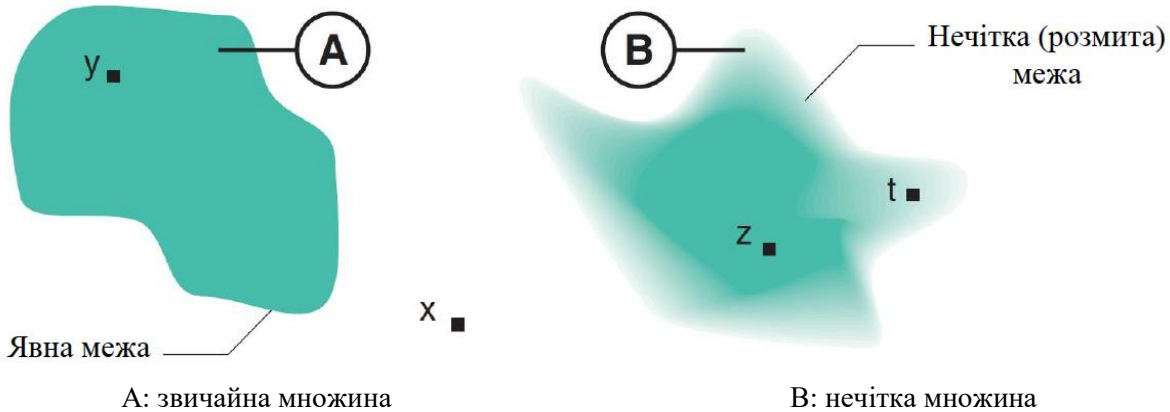


Рис. 1. Порівняння звичайної та нечіткої множин

Функція належності не може виступати в чистому вигляді ймовірнісною величиною, оскільки невідома функція розподілу ймовірностей і немає певної серії експериментів. Значення функції належності в теорії нечітких множин визначається дослідним шляхом, шляхом опитування експертів тощо. Під час визначення характеристичної функції для нечіткої множини експерт встановлює значення функції належності для кожного елемента множини, яке приймається як факт. Сума значень функції належності для деякої множини не обов'язково має бути рівною 1, проте у випадку рівності 1 нечітка множина називається нормованою.

Наведемо приклад запису нечітких множин з використанням характеристичної функції належності. Нехай $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$, а $M = [0,1]$. Тоді, нечіткими множинами будуть

$$A = \{0,2/x_1; 0/x_2; 0,7/x_3; 1/x_4; 0,4/x_5; 0/x_6\};$$

$$B = \{1/x_1; 0,9/x_2; 0,8/x_3; 0/x_4; 0,3/x_5; 0,1/x_6\}$$

Окрім аналітичного запису, функцію належності можна подавати в графічному вигляді (рис. 2).

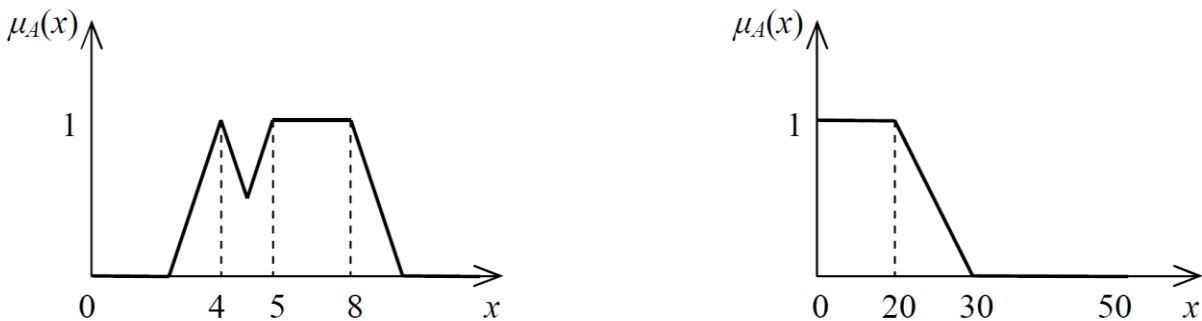


Рис. 2. Характеристична функція належності

Розглянемо логічні операції над нечіткими множинами. Для цього припустимо, що A і B – нечіткі множини, визначені на універсальній множині E , а $\mu(x)$ – характеристична функція належності.

Включення. Говорять, множина A міститься в B ($A \subset B$), якщо $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$. Інколи використовують термін домінування, і у випадку $A \subset B$ говорять, що множина B домінує над A .

Нечіткі множини A і B називаються *рівними*, якщо для $\forall x \in E$, $\mu_A(x) = \mu_B(x)$. Позначають $A = B$.

Доповнення. Нечітка множина A називається доповненням до множини B , якщо для $\forall x \in E$, $\mu_A(x) = 1 - \mu_B(x)$. Позначають $A = \bar{B}$ або $B = \bar{A}$.

Перетином двох нечітких множин $A \cap B$ називають найменшу нечітку підмножину, що містить одночасно обидві множини A і B : $\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$.

Об'єднанням нечітких множин $A \cup B$ називають найбільшу нечітку підмножину, що міститься одночасно і в A і B : $\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$.

Різниця нечітких множин визначається за виразом $A - B = A \cap \bar{B}$, а використовуючи функцію належності різницю нечітких можна подати в такому вигляді: $\mu_{A-B}(x) = \min(\mu_A(x), 1 - \mu_B(x))$.

Диз'юнктивною сумою нечітких множин є вираз:

$$A \oplus B = (A - B) \cup (B - A) = (A \cap \bar{B}) \cup (B \cap \bar{A}),$$

або з використанням функції належності:

$$\mu_{A-B}(x) = \max(\min(\mu_A(x), 1 - \mu_B(x)); \min(\mu_B(x), 1 - \mu_A(x))).$$

Розглянемо приклад виконання логічних операцій над нечіткими множинами. Знайти включення, доповнення, перетин, об'єднання, різницю та диз'юнктивну суму нечітких множин $A = 0,1/x_1 + 1/x_2 + 0,3/x_3 + 0,8/x_4$ та $B = 1/x_1 + 0,5/x_2 + 0,2/x_3 + 0,4/x_4$.

Розв'язування. Множин A та B не є рівними і домінуючими. Доповненням до A є нечітка множина $\bar{A} = 0,9/x_1 + 0/x_2 + 0,7/x_3 + 0,2/x_4$, а доповненням до B є $\bar{B} = 0/x_1 + 0,5/x_2 + 0,8/x_3 + 0,6/x_4$.

$$A \cap B = 0,1/x_1 + 0,5/x_2 + 0,2/x_3 + 0,4/x_4.$$

$$A \cup B = 1/x_1 + 1/x_2 + 0,3/x_3 + 0,8/x_4.$$

$$A - B = A \cap \bar{B} = 0/x_1 + 0,5/x_2 + 0,3/x_3 + 0,6/x_4.$$

$$B - A = B \cap \bar{A} = 0,9/x_1 + 0/x_2 + 0,2/x_3 + 0,2/x_4.$$

$$A \oplus B = (A - B) \cup (B - A) = (A \cap \bar{B}) \cup (B \cap \bar{A}) = 0,9/x_1 + 0,5/x_2 + 0,3/x_3 + 0,6/x_4.$$

Властивості логічних операцій з нечіткими множинами:

1. $\left. \begin{array}{l} A \cup B \equiv B \cup A \\ A \cap B \equiv B \cap A \end{array} \right\} - \text{комутативність};$
2. $\left. \begin{array}{l} (A \cup B) \cup C \equiv A \cup (B \cup C) \\ (A \cap B) \cap C \equiv A \cap (B \cap C) \end{array} \right\} - \text{асоціативність};$
3. $\left. \begin{array}{l} A \cup (B \cap C) \equiv (A \cup B) \cap (A \cup C) \\ A \cap (B \cup C) \equiv (A \cap B) \cup (A \cap C) \end{array} \right\} - \text{дистрибутивність};$
4. $\left. \begin{array}{l} A \cup A \equiv A \\ A \cap A \equiv A \end{array} \right\} - \text{ідемпотентність};$
5. $A \cup \emptyset \equiv A$, тобто $\mu_{\emptyset}(x) = 0$ для $\forall x \in E$;
6. $A \cap \emptyset \equiv \emptyset$;
7. $A \cup E \equiv E$;
8. $A \cap E \equiv A$;
9. $\left. \begin{array}{l} \overline{A \cap B} \equiv \bar{A} \cap \bar{B} \\ \overline{A \cup B} \equiv \bar{A} \cup \bar{B} \end{array} \right\} - \text{закони де Моргана.}$

Над нечіткими множинами можна також виконувати деякі алгебраїчні операції множення та додавання, а саме:

- алгебраїчний добуток $A \cdot B$ визначається так: $\forall x \in E$, $\mu_{A \cdot B}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x)$;
- алгебраїчна сума $A + B$ визначається так: $\forall x \in E$, $\mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x)$.

Для алгебраїчних операцій виконуються властивості комутативності, асоціативності та закони де Моргана, не виконуються – закони ідемпотентності та дистрибутивності.

Варто зазначити, що в разі одночасного виконання логічних та алгебраїчних операцій над нечіткими множинами варто користуватися такими властивостями:

- 1) $A \cdot (B \cup C) = (A \cdot B) \cup (A \cdot C)$;
- 2) $A \cdot (B \cap C) = (A \cdot B) \cap (A \cdot C)$;
- 3) $A + (B \cup C) = (A + B) \cup (A + C)$;
- 4) $A + (B \cap C) = (A + B) \cap (A + C)$.

У прикладних дослідженнях з проблем управління, в технічних науках, медицині, соціології, економіці, психології тощо широко використовуються експертні оцінки, які формулюються у термінах природної мови [4, с. 116]. Тому, в теорії нечітких множин вводиться поняття нечіткої та лінгвістичної змінної. Так, нечіткою змінною називають впорядковану трійку $\langle \alpha, E, A \rangle$, де α – назва нечіткої змінної; E – універсальна множина, що є областю визначення α ; A – нечітка підмножина E , в якій описуються обмеження ($\mu_A(x)$) на значення нечіткої змінної α .

Лінгвістичною змінною називають впорядковану п'ятірку $\langle \beta, T(x), E, G, M \rangle$, де β – назва нечіткої лінгвістичної змінної; $T(x)$ – терм-множина значень змінної, що є назвами нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є множина E ; G – синтаксичне правило, за яким оперують елементами терма-множини та генерують нові терми; M – семантичне правила, за яким перетворюють кожне нове значення лінгвістичної змінної, утворене за процедурою G , в нечітку змінну.

Нехай, наприклад, експерт визначає якість виготовленої деталі з використанням понять «висока якість», «середня якість» та «низька якість», а межі допустимих граничних похибок діаметра деталі можуть змінюватися від 100мм до 400мм. Формалізація такого опису може бути подана у вигляді нечіткої лінгвістичної змінної $(\beta, T(x), E, G, M)$, де

β – діаметр деталі;

$T(x) = \{ \text{"висока якість"}, \text{"середня якість"}, \text{"низька якість"} \}$;

$E = [100, 400]$;

G – процедура утворення нових термів з використанням логічних зв'язок (і, або) та часток (дуже, не, трохи), наприклад: «низька чи середня якість», «дуже висока якість», «не дуже низька якість» тощо.

M – процедура визначення на множині $E = [100, 400]$ нечітких підмножин $A_1 = \text{"висока якість"}$, $A_2 = \text{"середня якість"}$, $A_3 = \text{"низька якість"}$, а також нечітких множин для термів з $G(T)$ за правилами інтерпретації нечітких логічних зв'язок, часток та інших операцій над нечіткими множинами.

Розглянемо ще один приклад лінгвістичної змінної:

β – навчальна дисципліна;

$T(x) = \{ \text{"цікава дисципліна"}, \text{"складна дисципліна"}, \text{"знадобиться в роботі"} \}$;

$E = [\text{"Програмування"}, \text{"Психологія"}, \text{"Екологія"}, \text{"Методи обчислень"}, \text{"КОСН"}]$ – дисципліни напряму підготовки 6.040302 – Інформатика*;

G – процедура перебирання елементів базової терм-множини;

M – процедура експертного опитування.

Метою використання базових правил нечіткої логіки є формалізація та застосування процесів людського мислення, тому нечітка логіка є основою побудови систем штучного інтелекту. Так, в основі механізму нечітких виведень, що використовується в експертних системах та системах штучного інтелекту, лежить база знань, що формується фахівцями предметної галузі в вигляді нечітких предикатних правил (*if* $\langle \text{умова} \rangle$ *then* $\langle \text{результат} \rangle$ або *якщо* $x \in A$, *то* $y \in B$ тощо). Зазначимо, що в процесі формування бази знань, через знання експерта виражаються нечіткі причинно-наслідкові зв'язки між умовою та висновком, тому їх вважають нечіткими відношеннями.

В системах нечіткого виведення здійснюється вибір варіантів розв'язування задачі на основі залежності вихідної величини від кількох нечітких вхідних величин, при цьому математична модель залежності вихідних величин від вхідних відсутня, і замість неї використовується база експертних правил у вигляді нечітких висловлювань "if – then" у термінах лінгвістичних змінних та нечітких множин [4, с. 118]. Проте, незважаючи на те, що вхідні дані є нечіткими, і подані у вигляді

експертних правил, в будь якого випадку загальне логічне виведення в нечітких системах можна здійснити за основні чотири етапи.

1. *Введення нечіткості (фазифікація)*. Визначається ступінь істинності кожного посилення кожного правила шляхом застосування функцій належності, визначених на вхідних змінних до їх фактичних значень (переведення значення вхідної змінної в нечіткий формат шляхом співставлення значення x та $\mu(x)$).
2. *Логічне виведення*. На цьому етапі відбувається застосування значення істинності посилення до висновків кожного правила виведення, утворення нечіткої підмножини результатів застосування правил виведення. Розрізняють дві моделі логічного виведення: Мамдані (Mamdani) та Такагі-Суджено (Takagi-Sugeno). На основі модель Мамдані оперують лише з лінгвістичними змінними та нечіткими множинами і перетворюють нечіткі входи на нечіткі виходи. За моделлю Такагі-Суджено оперують з чіткими величинами, лінгвістичними змінними та нечіткими множинами і перетворюють чіткі входи у чіткі виходи [7].
3. *Композиція*. Формування однієї нечіткої підмножини для кожної змінної виведення на основі всіх нечітких підмножин, призначених кожній змінній виведення в усіх правилах виведення.
4. *Приведення до чіткості (дефазифікація)* полягає в перетворенні нечіткого набору виведень в чіткі значення змінних. Існує кілька методів дефазифікації – метод середнього центру, перший максимум, середній максимум, висотна дефазифікація.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що всі системи з нечіткою логікою функціонують за одним принципом: відбувається визначення ступеня відповідності входів кожній із нечітких множин, обчислення правил на основі використання нечітких операторів та застосування імплікації для отримання вихідних значень правил, перетворення нечітких виходів правил у загальне вихідне нечітке значення, а потім у чітке.

Впродовж досить короткого існування нечіткої логіки як наукової теорії зроблено вагомий внесок у розвиток науки і техніки, філософського світогляду та математичного апарату в цілому. Так, від започаткування у 60-х роках ХХ століття, розвиток нечіткої логіки відбувався у двох напрямках: вдосконалення теоретичного апарату та практичного застосування систем нечіткого виведення в різних сферах людської діяльності. Нечіткий підхід почав застосовуватися в математичному аналізі, алгебрі та теорії чисел, що призвело до появи нечіткої арифметики, нечіткого реляційного числення тощо.

Вивчення основ теорії нечітких множин та логіки нечіткого виведення є важливою складовою фахової підготовки студентів галузі знань 0403 – «Системні науки та кібернетика», оскільки саме ці питання виходять на провідні місця в сучасній логіці, науці та техніці, а саме: використання теорії нечіткого логічного виведення дає змогу створювати ефективні системи оцінювання ризиків та прибутковості інвестиційних проєктів, моделювання кризових ситуацій, бізнес-прогнозування, дослідження глобальних політичних рішень, соціологічних, психологічних та економічних процесів; нечітка логіка відіграє важливу роль у створенні систем управління, подання знань та прийняття рішень, розпізнавання образів, знаходить застосування в побутовій електроніці, пристроях управління автомобілем, промисловості та різноманітних експертних системах і системах штучного інтелекту. Перспективними напрямками розвитку теорії нечіткого виводу залишаються нечіткі штучні нейронні мережі, нечіткі графи, нечіткі мережі Петрі, розроблення та вдосконалення методів прийняття рішень та створення систем штучного інтелекту на основі нечітких знань та відповідних методів логічного виведення.

Отже, за час свого існування неklasична логіка сприяла отриманню важливих для подальшого розвитку математичної логіки результатів, вивчення питань, що розробляються в ній, зумовлює суттєві перебудови всієї структури логіки. Проте, неklasична логіка не скасовує законів класичної логіки, а є одним із напрямів математичної логіки, в якій розробляються нові проблеми логіки, здійснюється пошук нових засобів та методів логічних досліджень, шляхи практичного застосування сучасної математичної логіки в науці та техніці.

Список використаних джерел

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
2. Коньшева Л.К. Основы теории нечетких множеств: Учебное пособие / Л.К. Коньшева, Д.М. Назаров. – СПб.: Питер, 2011. – 192 с.: ил.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. В.Б. Кузьмина / Арнольд Кофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.: ил.

4. Кравець П. Системи прийняття рішень з нечіткою логікою / П. Кравець, Р. Киркало // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – № 650 : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 115 – 123.
5. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 224 с.
6. Нечеткая логика / Франсуа Шеври, Франсуа Гели // Техническая коллекция Schneider Electric. – М.: Schneider Electric Publisher. – Выпуск № 31. – 2009. – 32 с.
7. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения: Монография / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова, П.В. Сараев, И.В. Черпаков. – Липецк: ЛЭГИ, 2002. – 113 с.
8. Потапов Д.К. Неклассические логики: Учебное пособие / Дмитрий Константинович Потапов. – СПб.: СПбГУ, 2006. – 108 с.
9. Рамський Ю.С. Логічні основи інформатики: навч. посіб. – Вид. 2-ге, доповн. / Юрій Савіанович Рамський. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. – 295 с.
10. Рутковская Д. нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.: ил.
11. Тлумачний словник з інформатики / Г.Г. Півняк, Б.С. Бусигін, М.М. Дівізінюк та ін.. – Дніпропетровськ, Національний гірничий університет., 2010. – 600 с.
12. Хаптахаяева Н.Б. Введение в теорию нечетких множеств: Учебное пособие. – Часть 1 / Н.Б. Хаптахаяева, С.В. Дамбаева, Н.Н. Аюшеева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 68 с.: ил.
13. Fuzzy Logic – Algorithms, Techniques and Implementations, Edited by Elmer P. Dadios. – Rijeka: InTech, 2012. – p. 293.

**Основы нечеткой логики – важный компонент профессиональной подготовки
будущих учителей информатики**

Рамский Ю. С., Твердохлеб И. А.

Аннотация: в статье рассматриваются основы нечеткой логики и современные отрасли ее применения, отмечается важность изучения основ нечеткой логики студентами информатических специальностей педагогических университетов.

Ключевые слова: логика, нечеткая, учитель, информатика.

**Basis of fuzzy logic – an important component of professional training
of future informatics teachers**

Yuri Ramsky, Igor Tverdokhlib

Annotation: The article describes the basis of fuzzy logic and modern field of their application, stresses the importance of studying the basis of fuzzy logic by the students of informatics specialties of pedagogical universities.

Keywords: logic, fuzzy, teacher, informatics.

УДК 004.4'416:519/863

Кузьміна Н. М.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Основні види аналізу задач оптимізації з комп'ютерною підтримкою

Анотація. У статті продовжено розгляд деяких методичних аспектів навчання основ теорії і методів оптимізації студентів інформатичних спеціальностей і спеціалізацій педагогічних університетів. Наведено класифікацію різних видів аналізу задач оптимізації на етапах постановки і після отримання оптимального розв'язку, а також приклади їх застосування за допомогою інформаційних технологій. Вміння проводити всебічну оцінку оптимальних розв'язків і значень відповідних величин в процесі розв'язування задач оптимізації сприяє розвитку у студентів математичних та інформатичних компетентностей і забезпечує необхідну їх практичну підготовку як майбутніх фахівців.

Ключові слова: аналіз, параметричний, багатокритеріальний, структурний, несумісність.

У даному дослідженні продовжено аналіз навчання основ теорії і методів оптимізації, який було розглянуто у роботах [2-4], з метою забезпечення необхідної практичної підготовки майбутніх фахівців – студентів інформатичних спеціальностей і спеціалізацій педагогічних університетів.

Під час постановки і розв'язування задач оптимізації студентів навчають, що знаходження оптимального розв'язування – це не тільки визначення невідомих величин за допомогою математичних методів оптимізації та засобів інформаційних технологій, а результат всебічного оцінювання розв'язків і відповідних величин, що визначаються у ході зробленого аналізу, як під час