

5. Кожух В. Я. Контроль потерь тепла в доменной печи / В. Я. Кожух // Сталь. – 1965. – № 4. – С. 298–301.
6. Доменное производство “Криворожстали” / В. И. Большаков, А. В. Бородулин, Н. А. Гладков и др. – Кривой Рог : СП “Мир”, 2004. – 376 с.
7. Разработка мониторинга технического состояния ограждения доменной печи / А. Л. Чайка, А. В. Бородулин, А. А. Сохацкий и др. // Metallurgical heat engineering : сб. научн. трудов. – Днепропетровск : НМетАУ, 2005. – Т. 2. – С. 383–392.
8. Новые методы контроля технического состояния ограждения доменных печей без остановки технологического процесса / В. И. Большаков, С. П. Суцев, А. Л. Чайка и др. // ОАО “Черметинформация”. Бюллетень “Черная металлургия”. – 2006. – № 6. – С. 27–38.
9. Чайка А. Л. Контроль состояния ограждения доменных печей с использованием термограмм / А. Л. Чайка // Metallurgical and blast furnace industry. – 2008. – № 4. – С. 109–111.
10. Наружные потери теплоты доменной печи объемом 5000 м<sup>3</sup> / А. В. Бородулин, К. А. Дмитренко, В. С. Листопадов и др. // Metallurgical and blast furnace industry. – 2005. – № 1. – С. 3–8.



УДК 004.827

**Ю. В. Ульяновська**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри інформаційних систем  
та технологій Академії митної служби України  
**Т. С. Майстренко**, магістрант Академії  
митної служби України

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЗНАТЬ СТУДЕНТА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

*Розглядається застосування теорії нечітких множин для кількісної оцінки рівня засвоєння студентом дисципліни, з урахуванням передбачених видів роботи. Проаналізовано й наведено засоби розв’язання сформульованої задачі.*

*Рассматривается применение теории нечетких множеств для количественной оценки уровня восприятия студентом дисциплины, учитывая предсказуемые виды работы. Проанализированы и приведены средства решения сформулированной задачи.*

*The article considers application of fuzzy sets theory to quantify the level of learning study subjects based on specified types of work. Are analyzed and formulated by means of the problem.*

**Ключові слова.** Комплексне оцінювання якості, теорії нечітких множин, розв’язання сформульованої задачі.

**Вступ.** Організація навчального процесу у вищих навчальних закладах України здійснюється за нормативно-правовими документами, затвердженими у даній галузі. Вони контролюють якість знань студентів; сприяють формуванню системи знань і ритмічній самостійній роботі студентів упродовж семестру і всього періоду навчання; підвищенню об’єктивності оцінювання знань та адаптації до вимог, визначених європейською системою кредитів – ЄКТС.

© Ю. В. Ульяновська, Т. С. Майстренко, 2013

---

Система оцінювання знань студентів з кожної дисципліни включає поточний, модульний і семестровий контроль знань, оцінювання результатів практик і державну атестацію за певним освітньо-кваліфікаційним рівнем [1]. Поточний контроль здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних, практичних, лабораторних, семінарських занять, тощо. Такі методи контролю успішності студентів нині використовують більшість учбових закладів. Вибір форм контролю залежить від мети, змісту, методів, часу та місця. Одна з форм контролю – це тести, які здебільшого проводяться у вигляді автоматизованих процедур опитування [2]. Автоматизована процедура масової оцінки, що не містить емоційного забарвлення і застосовується однаково до всіх випробовуваних, зменшує необ'єктивність і прискорює час оцінювання. Однак вона має слабкі місця, на які не слід закривати очі. Неможливо автоматичними засобами перевірити й об'єктивно оцінити вміння: викладати думки, знаходити нестандартні рішення, навчати й навчатися.

Оцінка результатів навчальної діяльності учнів має бути об'єктивною, систематичною й послідовною. Складність оцінки у тому, що вона багатоаспектна [3]. Нечіткість цих параметрів не дозволяє застарілим методам математичного моделювання отримувати адекватні кількісні описи досліджуваних параметрів, а тому змушує шукати розв'язання класичних задач освітнього процесу неklasичними методами. Один із варіантів визначення рівня знань – це адаптивне тестування, яке полягає у зміні рівня складності наступного питання тестування залежно від відповіді на попереднє: за позитивної відповіді рівень складності підвищується, за негативної – знижується. Слід зазначити, що адаптивне тестування можливе, якщо заздалегідь визначено складність тестових завдань, що передбачає їх попередню апробацію та обробку результатів із використанням методів дисперсійного аналізу і теорії тестування для визначення надійності, валідності тощо [4].

Нині існує велика кількість різних математичних моделей і підходів, що описують ті чи інші стадії процесу контролю знань, які спираються на різні розділи математики. Використовуються теорія ймовірності й математична статистика, теорія графів, теорія латентно-структурного аналізу, теорія прийняття рішень і дослідження операцій, комбінаторна топологія і теорія фракталів тощо. У статті [5] для розв'язання сформульованої задачі використовується теорія нечітких множин, нечітка логіка, пропонується ставити у відповідність бальній оцінці нечітку множину.

Для інтелектуальних систем контролю знань математичне моделювання поєднується з інформаційним, а також використовуються різні моделі знань [6].

Моделі оцінки знань можна поділити на три великі класи: моделі оцінки рівня знань, моделі діагностики знань і моделі розпізнавання (класифікації).

Моделі оцінки рівня знань спрямовані на отримання інтегральної та кількісної оцінки випробуваного, яка виражається в балах. Моделі діагностики допомагають виявляти прогалини, характерні помилки в знаннях; замість інтегральної оцінки вони передбачають оцінювання різних навчальних елементів (дидактичних одиниць) досліджуваного курсу або розділу. Моделі розпізнавання (класифікації) мають віднести випробуваного за результатами тестування до одного з заздалегідь визначених класів, наприклад, клас "атестовані" і "не атестовані".

**Постановка завдання.** Мета цієї статті – дослідження можливостей застосування теорії нечітких множин для моделювання процесу визначення рівня засвоєння студентом дисципліни з урахуванням передбачених видів роботи.

**Результати дослідження.** Для кількісної оцінки якості знань можна використовувати методи нечіткої логіки. Під час побудови нечіткої моделі оцінки рівня знань ( $RZ$ ) у якості вхідних змінних можуть використовуватись як кількісні фактори (кількість питань, правильних відповідей, сумарний бал), так і якісні, виражені в термінах лінгвістичної шкали  $X$ ,

що характеризують рівень знань. Модель лінгвістичної оцінки рівня знань студента ( $RZ$ ) у загальному вигляді можна зобразити так (рис. 1):



Рис. 1. Модель формування лінгвістичної оцінки рівня знань, де  $S$  – сума балів, яку отримав студент,  $x1$ – $x5$  – рівні оцінки

Для сформульованого вище завдання використовуються такі позначення:  $x_i$  – оцінка за національною шкалою;  $S$  – накопичена сума балів за 100-бальною шкалою;  $Q$  – кількість питань у тесті;  $b_i$  – кількість правильних відповідей на  $i$ -й рівень складності;  $k_i$  – коефіцієнт правильності відповіді на питання  $i$ -го рівня складності.

Під час побудови нечіткої моделі формування лінгвістичної оцінки рівня знань ключовий момент – це завдання нечіткої та лінгвістичної змінної. Нечіткою змінною називається трійка  $\langle \alpha, X, \tilde{C}(\alpha) \rangle$ , де  $\alpha$  – назва нечіткої змінної,  $X = \{x\}$  – область її визначення (базова множина),  $\tilde{C}(\alpha) = \{ \langle \mu_{\tilde{C}(\alpha)}(x)/x \rangle \}$ ,  $(x \in X)$  – нечітка підмножина множини  $X$ , що описує обмеження на можливі значення нечіткої змінної  $\alpha$ .

Функція  $\mu_{\tilde{C}(\alpha)} : X \rightarrow [0,1]$  називається функцією приналежності нечіткої безлічі  $\tilde{C}(\alpha)$ , а  $X$  – базовою множиною. Для кожного конкретного значення  $x \in X$  величина  $\mu_{\tilde{C}(\alpha)}(x)$  приймає значення з інтервалу  $[0,1]$ , що називається ступенем приналежності елемента  $x$  нечіткій множині  $\tilde{C}(\alpha)$ .

Лінгвістична змінна характеризується набором  $\langle \beta, T(\beta), X, G, M \rangle$ , де  $\beta$  – назва лінгвістичної змінної;  $T(\beta)$  – терм-множина лінгвістичної змінної  $\beta$ , тобто безліч лінгвістичних (вербальних) значень змінної, причому кожне з цих значень є нечіткою змінною з областю визначення  $X$ ;  $G$  – синтаксичне правило (має зазвичай граматичну форму), що породжує найменування  $\alpha \in T(\beta)$  вербальних значень лінгвістичної змінної  $\beta$ ;  $M$  – семантичне правило, яке ставить у відповідність кожній нечіткій змінній  $\alpha \in T(\beta)$  нечітку множину;  $\tilde{C}(\alpha)$  – зміст нечіткої змінної [6].

У статті [7] наведено основні види функцій належності: трикутні, трапецієвидні, гаусові тощо.

Кожну з лінгвістичних змінних  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, 5$  фазифікуємо за допомогою однієї трикутної функції належності і двох  $T$ -подібних функцій належності. Аналітичні вирази для них задаються формулами (1) і (2):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & c \leq x, \end{cases} \quad (1)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – деякі числові параметри, що характеризують основу трикутника ( $a$ ,  $c$ ) і його вершину ( $b$ ), причому має виконуватися умова:  $a \leq b \leq c$ .

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & d \leq x, \end{cases} \quad (2)$$

де  $a, b, c, d$  – деякі числові параметри, що характеризують трапецію і набувають довільних дійсних значень, упорядкованих відношенням:  $a \leq b \leq c \leq d$ .

Значення параметрів  $a, b, c, d$  уточнюються з експериментальними даними. Під час використання класифікаторів на носіїв нечіткої множини значимість лінгвістичних змінних визначається на відрізку дійсної осі  $[0,1]$ .

Класифікаційна шкала досліджуваного параметра (вихідної змінної), а саме: лінгвістична змінна “Оцінка рівня знань” ( $RZ$ ) інтерпретується у вигляді терм-множини значень  $T1 = \{\text{незадовільно з обов'язковим повторним вивченням (НП); незадовільно (Н); задовільно (З); добре (Д); відмінно (В)}\}$ . Функції належності досліджуваного параметра можуть бути задані у вигляді трьох трикутних функцій приналежності і двох Т-подібних.

Висновок за всіма правилами можна зробити, застосовуючи операції  $\max - \min$  (3), (4). Нехай  $t_x$  і  $t_y$  – значення передумов  $X$  і  $Y$  деякого правила, тоді значення  $t_{np}$  передумови у випадку зв'язків “І” та “АБО” визначається таким чином:

1) за умови “І”

$$t_{np} = \min \{t_x, t_y\}; \quad (3)$$

2) за умови “АБО”

$$t_{np} = \max \{t_x, t_y\}. \quad (4)$$

Якщо  $t_{правила}$  – це істинне значення, приписане правилу, то істинне значення  $t_A$ , визначається як

$$t = \min \{t_{np}, t_{правила}\}. \quad (5)$$

Визначення мінімуму – це ідея, що властива нечіткій логіці, яка відрізняє її від інших методів. Системи нечіткої логіки, що оперують нечіткими поняттями, такими як нечіткі множини, лінгвістичні змінні тощо, і використовують при цьому нечітку логіку ґрунтуються на понятті фазифікації і дефазифікації.

Дефазифікація – перетворення нечіткого набору висновків у чітке число. Існує багато методів зведення до чіткості. До основних методів дефазифікації належать: метод вибору максимуму функції приналежності; метод центра ваги; метод медіани; метод вибору центра максимумів тощо. Експериментальні дослідження доводять, що найточніший – це метод центра ваги [8]. На рис. 2 проілюстровано отримання чіткого значення  $y = -11,2$  за умови вхідних значень  $x_1 = -4$  і  $x_2 = -2$  методом центра тяжіння.

Обчислення центра ваги безлічі  $\tilde{y} = \int_{[\underline{y}, \bar{y}]} \mu_{\tilde{y}}(y) / y$ , де  $[\underline{y}, \bar{y}]$  – базовий інтервал множини  $\tilde{y}$ , отриманої на базі правил (рис. 1) за методом центра ваги і здійснюється за формулою:

$$y = \frac{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y \cdot \mu_{\tilde{y}}(y) dy}{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu_{\tilde{y}}(y) dy} \quad (6)$$

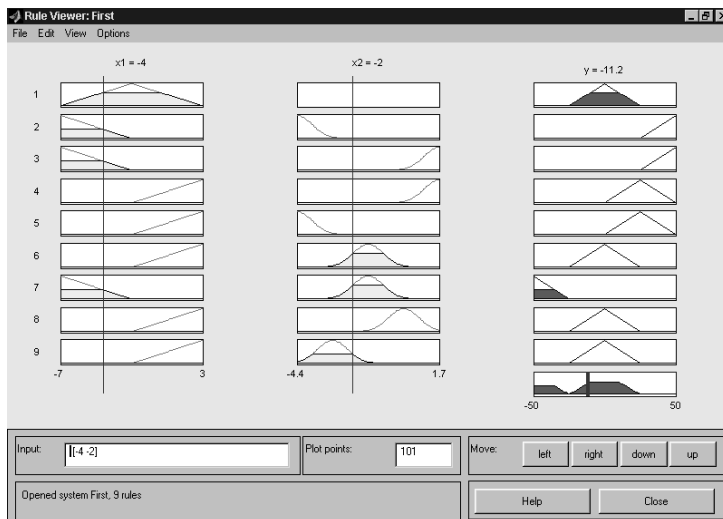


Рис. 2. Графічна ілюстрація роботи бази правил

**Висновок.** Наведено постановку задачі оцінювання рівня знань студентів за 100-бальною шкалою як важливої складової навчального процесу. Викладено основні питання розв’язання задачі кількісної оцінки знань. Запропоновано використання для отримання оцінки математичного апарату нечітких множин, який дозволяє оцінити якісні показники та виразити їх у кількісній шкалі, це допоможе інтерпретувати отримані за всіма видами роботи бали та сформувати кінцевий бал залежно від максимально можливих балів, установлених за кожний обсяг виконаної роботи. Проаналізовано й наведено засоби розв’язання сформульованої задачі.

#### Література

1. Порядок організації контролю та оцінювання успішності студентів у Європейській кредитно-трансферній системі (ЄКТС) в Академії митної служби України / [укл. О. М. Корх, Л. В. Бабенко]. – Дніпропетровськ : Академія митної служби України, 2013. – 11 с.
2. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий / Аванесов В. С. – М. : Из-во Центра тестирования Минобразования РФ, 2002. – 239 с.
3. Морев И. А. Образовательные информационные технологи : учебн. пособие : в 2-х ч. – Ч. 2. Педагогические измерения / Морев И. А. – Владивосток : Издательство Дальневосточного университета, 2002. – 174 с.
4. Ягупов В. В. Педагогіка : навч. посіб. / Ягупов В. В. – К. : Либідь, 2002. – 560 с.
5. Домрачев В. Нечеткие модели рейтинговых систем оценки знаний / Домрачев В. Г., Полещук О. М., Ретинская И. В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.ict.edu.ru/vconf/files/tm01\\_627.doc](http://www.ict.edu.ru/vconf/files/tm01_627.doc).
6. Мелихов А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / Мелихов А. Н., Берштейн Л. С., Коровин С. Я. – М. : Наука, 1990. – 272 с.
7. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / Штовба С. Д. – Режим доступа : <http://www.matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>.
8. Ротштейн А. П. Влияние методов дефаззификации на скорость настройки нечеткой модели / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба // Кибернетика и системный анализ. – 2002. – № 5. – С. 169–174.