

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**Ноздренков Валерій Станіславович**

УДК 681.518

**МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІБРИДНОЇ  
НЕЧІТКО-НЕЙРОННОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

Спеціальність 05.13.06 - автоматизовані системи управління  
та прогресивні інформаційні технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

EQUATION CHAPTER 0 SECTION 1

Харків–2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Сумському державному університеті, Міністерство освіти і науки України.

**Науковий керівник -**

кандидат технічних наук, доцент  
**Лебединський Ігор Леонідович,**  
Сумський державний університет,  
завідувач кафедри електроенергетики.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Шаронова Наталія Валеріївна,**  
Національний технічний університет „Харківський  
політехнічний інститут”, професор кафедри  
автоматизованих систем управління;

доктор технічних наук, професор  
**Асєєв Георгій Георгійович,**  
Харківська державна академія культури, завідувач  
кафедри інформаційних технологій.

**Провідна установа –** Херсонський національний технічний університет Міністерства освіти і науки України, м. Херсон.

Захист відбудеться “24” травня 2007 р. о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002 м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002 м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий “20” квітня 2007 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

І. П. Гамаюн

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Навчальний процес є передовою галуззю розробки й впровадження прогресивних інформаційних і комп'ютерних технологій. В умовах науково-технічного прогресу підвищуються вимоги до якості освітнього процесу, безупинно збільшується об'єм інформації, яку необхідно засвоювати студентів при сталих строках навчання. Сприяючи максимальному розвитку здібностей людини до самореалізації, нові інформаційні технології дозволяють провести ранню диференціацію і профілізацію навчання, організувати індивідуальне та дистанційне навчання, забезпечити його безперервність. Тим самим інформаційні і комп'ютерні технології в освіті ведуть до корінної зміни технології одержання нових знань – ефективної організації пізнавальної діяльності, на основі індивідуалізації навчання при збереженні цілісності навчального процесу за рахунок програмування і динамічної адаптації автоматизованих навчальних систем.

Для підвищення ефективності процесу навчання актуальною стає проблема впровадження сучасних математичних методів і прогресивних інформаційних технологій. Розглядаючи проблему підвищення ефективності процесу навчання, такі дослідники, як В.П. Беспалько, К.М. Денек, Ч.Д. Куписевич, Е.Г. Петров, Н.В. Шаронова серед компонентів процесу навчання вказують на контроль знань і підкреслюють його важливе місце в рішенні цієї проблеми. Одним із прогресивних напрямків в області автоматизованого контролю знань студентів є подання системи контролю знань як системи управління, яка формує керуючі впливи з метою оптимізації процесу навчання й контролю.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, що спрямована на побудову моделей та засобів оцінювання знань в автоматизованих навчальних системах, є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота відповідає напрямкам наукових досліджень кафедри електроенергетики Сумського державного університету і виконана в рамках держбюджетної теми “Моделі, методи та інформаційні технології діагностики та вибору параметрів складних систем управління” (№ ДР 0105U002996 МОН України). В межах вказаної теми здобувачем у якості виконавця розроблені моделі, які використовуються при побудові підсистеми контролю знань автоматизованої навчальної системи, інформаційну технологію та засоби автоматизованого оцінювання знань.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційного дослідження є створення моделей та засобів автоматизованого контролю знань за рахунок розвитку теорії й проблемно-орієнтованого інструментарію, спрямованих на формалізацію процесу оцінки знань. Відповідно до поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Виконати аналіз методів, моделей та програмних засобів оцінки знань в автоматизованих навчальних системах.

2. Розробити інформаційну модель процесу автоматизованої оцінки знань.
3. Розробити принципи формалізації евристики викладача при підсумковому оцінюванні знань.
4. Розробити модель автоматизованої адаптації параметрів системи оцінки знань до вимог конкретного викладача.
5. Розробити модель корегування поточної оцінки знань із урахуванням часу витраченого на виконання конкретного завдання.
6. Виконати практичну реалізацію, запропонованих математичних моделей оцінки знань у вигляді відповідного програмного забезпечення та провести практичну апробацію запропонованих алгоритмів підсумкової оцінки знань.

*Об'єкт дослідження* — підсистема контролю знань автоматизованої навчальної системи.

*Предмет дослідження* — математичні моделі оцінки знань, що використовуються в підсистемі контролю знань автоматизованої навчальної системи.

*Методи дослідження.* Для досягнення мети й задач, поставлених у роботі, використовувались методи штучного інтелекту: теорія нечітких множин і нечітка логіка – для формалізації евристики викладача при оцінюванні знань; теорія штучних нейронних мереж – для автоматизованої адаптації параметрів системи оцінювання знань до вимог конкретного викладача, методи теорії оптимізації – для корегування функцій приналежності термів лінгвістичних змінних з урахуванням навчальної матриці.

#### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Одержали подальший розвиток логіко-алгебраїчні методи й моделі, які є основою математичного забезпечення підсистем контролю знань автоматизованих навчальних систем. Застосування отриманих моделей дозволяє автоматизувати процес підсумкової оцінки знань.

2. Уперше запропонована модель обчислення підсумкової оцінки знань за допомогою гібридної нечітко-нейронної інформаційної технології, що дозволяє при оцінюванні знань використати не тільки апріорну інформацію, але й адаптуватися до вимог конкретного викладача.

3. Удосконалено модель автоматизованої адаптації параметрів системи підсумкової оцінки знань до вимог конкретного викладача за рахунок використання методів теорії оптимізації, що дозволяє автоматизувати процес формування параметрів системи.

4. Уперше запропонована нечітка модель корегування поточної оцінки знань з урахуванням часу витраченого на виконання конкретного завдання. Запропонована модель дозволяє формалізувати процес оцінювання знань та корегувати поточну оцінку залежно від витраченого часу.

5. Одержали подальший розвиток методи обробки інформації в автоматизованих навчальних системах, реалізованих за допомогою технології “клієнт-сервер”. Застосування технології “клієнт-сервер” дозволяє будувати надійні системи обробки й зберігання інформації.

**Практичне значення отриманих результатів.** На підставі розроблених у дисертаційному дослідженні моделей та засобів оцінки знань запропонована комплексна інформаційна технологія формалізації евристичних методів оцінювання знань викладачем, розроблені алгоритми і відповідний програмний комплекс “Qwester-results”.

Застосування розробленої системи в автоматизації процесу навчання дозволить підвищити якість оцінки знань не тільки при традиційній формі навчання, але й у дистанційній освіті.

Запропоновані моделі оцінки знань реалізовані у вигляді програмного забезпечення і використовуються в начальному процесі в Сумському державному університеті, в Конотопському інституті СумДУ, в лабораторії дистанційного навчання Центру комп’ютерних технологій, а також в Сумському коледжі НАУ, що підтверджують акти впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно. Постановка мети, задач, та їх аналіз виконані разом з науковим керівником. Здобувачем особисто: розроблена інформаційна модель процесу автоматизованої оцінки знань; розроблена нечітко-нейронна система, у якій виконана формалізація евристичних методів викладача при підсумковому оцінюванні знань; запропоновано модель автоматизованої адаптації параметрів системи підсумкової оцінки знань до вимог конкретного викладача; запропоновано нечітку модель корегування поточної оцінки знань із урахуванням часу витраченого на виконання конкретного завдання; запропоновано реалізацію нечітко-нейронної системи висновку підсумкової оцінки знань у вигляді ієрархічної структури, збудованої на підставі моделі предметної області.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на конференціях: “Информационные технологии в образовании и управлении” (Н. Каховка, 2004, 2006); “ІНТЕРНЕТ–ОСВІТА–НАУКА–2004” (Вінниця, 2004); “Інформатизація освіти та дистанційна форма навчання: сучасний стан і перспективи розвитку” (Сумы, 2004), “Научно-техническая конференция преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов физико-технического факультета СумГУ” (Сумы, 2005, 2006), “Новые информационные технологии в образовании для всех” (Киев, 2006), “Современные методы кодирования в электронных системах” (Сумы, 2006).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць, з них 6 - у фахових виданнях ВАК України.

**Структура і об’єм дисертаційної роботи.** Дисертація складається з вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний об’єм дисертації 165 сторінок, у тому числі: 50 рисунків по тексту, 23 таблиці по тексту, 3-х додатків на 15 сторінках, списку використаних джерел з 122 найменувань на 14 сторінках.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета й задачі дослідження, дана загальна характеристика роботи. Викладено основні положення й практичні результати, досягнуті в роботі, наукова новизна.

У першому розділі викладені результати огляду методів, моделей та засобів, які використовуються в автоматизованих навчальних системах для організації контролю знань. Виконано аналіз методів, моделей та програмних засобів оцінки знань в автоматизованих навчальних системах.

Одним із прогресивних напрямків в області автоматизованого контролю знань студентів є подання системи контролю знань як системи керування (роботи Глушкова В.М., Беспалько В.П., Петрова Е.Г. та ін.).

Процес навчання можна розглядати як процес керування складним об'єктом, де студент виступає об'єктом керування, а викладач або автоматизована навчальна система - як керуючий елемент.

На підставі проведеного аналізу робіт обрано основні цілі і сформульовано завдання наукових досліджень.

У другому розділі розробляються математичні моделі оцінки знань в автоматизованих навчальних системах.

У загальному випадку задачу обчислення підсумкової оцінки знань можна звести до апроксимації багатомірної функції

$$O_{\Sigma} = f(\bar{A}) = f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n), \quad (1)$$

де  $O_{\Sigma}$  – підсумкова рейтингова оцінка,  $b_i$  – оцінка за виконання  $i$ -го завдання,  $n$  – кількість завдань.

Ефективним засобом формалізації й подання нечітких понять, категорій і знань, у тому числі лінгвістичних висловлень є теорія нечітких множин і нечітка логіка.

З огляду на те, що крім оцінки, отриманої за рішення конкретного завдання, існує не менш важливий параметр – час, витрачений на його виконання, визначимо інформаційну модель обчислення підсумкової оцінки знань

$$\left. \begin{array}{l} \bar{A}' = \{\alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n\} \\ \bar{T} = \{t_1, t_2, \dots, t_n\} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{A} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\} \Rightarrow \mathbf{T} = \begin{array}{cccc} \tau_{11} & \tau_{12} & \dots & \tau_{1n} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \dots & \tau_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tau_{N1} & \tau_{N2} & \dots & \tau_{Nn} \end{array} \Rightarrow \mathbf{T}' = \begin{array}{c} \tau'_1 \\ \tau'_2 \\ \dots \\ \tau'_N \end{array} \Rightarrow O_{\Sigma},$$

де  $\bar{A}' = \{\alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n\}$  – кортеж вхідних оцінок;

$\bar{T} = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  – кортеж, що характеризує час виконання конкретного завдання;

$\bar{A} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$  – кортеж корегованих вхідних оцінок, де  $\alpha_i = f(\alpha'_i, t_i)$ ;

$\mathbf{T}$  – матриця, що характеризує істинність кожної передумови кожного правила нечіткої бази знань;

$\mathbf{T}'$  – матриця, що характеризує істинність кожного правила нечіткої бази знань;

$O_\Sigma$  – підсумкова оцінка знань.

Для автоматизованої адаптації параметрів системи підсумкової оцінки знань до вимог конкретного викладача пропонується гібридна нечітко-нейронна система.

У **третьому розділі** виконана розробка гібридної інтелектуальної системи оцінки знань.

Визначається набір нечітких предикатних правил, що описують функціонування системи оцінки знань. Так для п'ятибальної  $T_2(O) = \{\text{"незадовільно"}, \text{"задовільно"}, \text{"добре"}, \text{"відмінно"}\}$ :

$$\begin{cases} \text{IF } \alpha_1 \text{ is "незад." and } \alpha_2 \text{ is "незад." and } \dots \text{ and } \alpha_n \text{ is "незад." THEN } (O_\Sigma \text{ is "незад."}), \\ \text{IF } \alpha_1 \text{ is "задов." and } \alpha_2 \text{ is "задов." and } \dots \text{ and } \alpha_n \text{ is "задов." THEN } (O_\Sigma \text{ is "задов."}), \\ \text{IF } \alpha_1 \text{ is "добре" and } \alpha_2 \text{ is "добре" and } \dots \text{ and } \alpha_n \text{ is "добре" THEN } (O_\Sigma \text{ is "добре"}), \\ \text{IF } \alpha_1 \text{ is "відм." and } \alpha_2 \text{ is "відм." and } \dots \text{ and } \alpha_n \text{ is "відм." THEN } (O_\Sigma \text{ is "відм."}). \end{cases} \quad (2)$$

У зв'язку з тим, що підсумкова оцінка носить накопичувальний характер, значення істинності для передумови кожного правила

$$\tau_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{A_i^k}(\alpha_i), \quad (3)$$

де  $\mu_{A_i^k}(\alpha_i)$  – ступінь істинності кожної передумови кожного правила.

Правило виконання композиції в модифікованому алгоритмі Мамдані для п'ятибальної шкали

$$\begin{aligned} \mu_\Sigma(O) = & (\tau_{\text{відм.}} \wedge \mu_{\text{відм.}}(\alpha)) \vee (\tau_{\text{добре}} \wedge \mu_{\text{добре}}(\alpha)) \vee \\ & \vee (\tau_{\text{задов.}} \wedge \mu_{\text{задов.}}(\alpha)) \vee (\tau_{\text{незад.}} \wedge \mu_{\text{незад.}}(\alpha)). \end{aligned} \quad (4)$$

Чітке значення вихідної змінної (див. рис. 5) визначається як центр ваги для кривої  $\mu_\Sigma(O)$

$$O_\Sigma = \frac{\int O \mu_\Sigma(O) dO}{\int \mu_\Sigma(O) dO}. \quad (5)$$

Альтернативним методом побудови системи висновку підсумкової оцінки є модифікований алгоритм Такагі-Сугено, який використовується завдяки поданню висновку у вигляді функціональної залежності, що дозволяє спростити висновок, ліквідуючи необхідність дефазифікації.

При завданні термів лінгвістичної змінної  $O = \text{"ОЦІНКА"}$  за допомогою сигмоїдальних функцій можна одержати аналітичний вираз підсумкової оцінки реалізованої у формі Такагі-Сугено. Так для п'ятибальної шкали

$$O_{\Sigma} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{a(\alpha_i - A_1)}} \sum_{i=1}^n b_{1i} \alpha_i + \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{-a(\alpha_i - A_1)}} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{-a(\alpha_i - A_2)}} \right) \sum_{i=1}^n b_{2i} \alpha_i + \right. \\ \left. + \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{-a(\alpha_i - A_2)}} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{-a(\alpha_i - A_3)}} \right) \sum_{i=1}^n b_{3i} \alpha_i + \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{-a(\alpha_i - A_3)}} \sum_{i=1}^n b_{4i} \alpha_i \right). \quad (6)$$

У запропонованій нейронній системі нечіткого висновку підсумкової оцінки знань вибір відповідних функцій приналежності виконується на основі рішення експерта. Однак значення параметрів цих функцій можна визначити за допомогою відомих методів оптимізації. Оскільки розглянута система є багат шаровою структурою, подібну до нейронних мереж, можна використати для настроювання значень її параметрів один з відомих оптимізаційних методів, використовуваних для навчання нейронних мереж.

Для реалізації відображення (1), з урахуванням навчальної вибірки  $M_O = \{(\bar{A}_O^1, O_{\Sigma O}^1), (\bar{A}_O^2, O_{\Sigma O}^2), \dots, (\bar{A}_O^{n_1}, O_{\Sigma O}^{n_1})\}$ , де  $n_1$  - число елементів навчальної вибірки, необхідно настроїти параметрів системи, а саме виконати корегування параметрів функцій належності термів лінгвістичної змінної  $O = \text{"ОЦІНКА"}$ .

Функція помилки для  $k$ -го зразка

$$E_k = \frac{1}{2} (O_{\Sigma}^k - O_{\Sigma O}^k)^2, \quad (7)$$

де  $k = 1, 2, \dots, n_1$ .

Відповідно, сумарна функція помилки по всіх елементах вибірки

$$E = \sum_{k=1}^{n_1} E_k. \quad (8)$$

Слід зазначити, що у всіх шарах запропонованої гібридної нечітко-нейронної системи вагові коефіцієнти з'єднань не будуть модифікуватися в процесі навчання системи. Параметрами, що змінюються, є верхні границі функцій приналежності термів лінгвістичної змінної  $O = \text{"ОЦІНКА"}$ .

На наступному кроці, як і у звичайних нейронних мережах використовуються ітераційні алгоритми для навчання. Функції приналежності термів лінгвістичної змінної  $O = \text{"ОЦІНКА"}$  задаються в загальному вигляді кусочно-безперервною функцією. Для таких функцій застосування градієнтних методів не доцільно, у зв'язку з розривом похідної першого порядку, тому використовується алгоритм нульового порядку – метод Нелдера-Міда. Цей метод є одним з найбільш швидких і надійних не градієнтних методів багатомірної оптимізації, якщо  $N \leq 6$ .

Для оцінки знань із урахуванням часу витраченого на виконання конкретного завдання пропонується нечітка система корегування поточної оцінки. Вхідними параметрами системи є: час, витрачений на виконання завдання  $t \in (0, \infty)$  і поточний результат тестування  $\alpha' \in [0, 1]$ . На виході система повинна видати кореговану, з урахуванням витраченого часу, оцінку за виконання поточного завдання  $\alpha \in [0, 1]$ .

Для роботи системи нечіткого логічного висновку визначається лінгвістична змінна  $Ч = \text{"ЧАС"}$ , котра характеризує час виконання поточного завдання. Залежно від конкретних умов лінгвістична змінна  $Ч = \text{"ЧАС"}$  може мати кілька терм-множин. У загальному випадку кількість терм-множин лінгвістичної змінної  $Ч = \text{"ЧАС"}$  може бути довільною.

Відповідно алгоритму, задається набір нечітких предикатних правил, що описують функціонування системи нечіткого логічного висновку. У випадку завдання лінгвістичної змінної  $Ч = \text{"ЧАС"}$  на терм-множині  $T_2(Ч)$  (див. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

$$\begin{aligned} R^{(1)} : & \text{IF } t \text{ is "норма" THEN } (\alpha_1 = k_1 \alpha'), \\ R^{(2)} : & \text{IF } t \text{ is "повільно" THEN } (\alpha_2 = k_2 \alpha'), \\ R^{(3)} : & \text{IF } t \text{ is "дуже повільно" THEN } (\alpha_3 = k_3 \alpha'), \end{aligned} \quad (9)$$

де  $k_1, k_2, k_3 \in [0, 1]$  – коефіцієнти, що характеризують зменшення оцінки при перевищенні припустимого часу відведеного на виконання завдання, причому  $k_1 > k_2 > k_3$ . Коефіцієнт  $k_1 = 1$ .

Обчислюється значення істинності для передумови кожного правила  $R^{(k)}$  (рівні відсікання для передумов кожного правила)

$$\tau_k = \mu_{A_1^k}(t), \quad (10)$$

де  $A_1^k$  – терми лінгвістичної змінної  $Ч = \text{"ЧАС"}$ ; ( $A_1^1 = \text{"норма"}$ ,  $A_1^2 = \text{"повільно"}$ ,  $A_1^3 = \text{"дуже повільно"}$ , у випадку завдання лінгвістичної змінної  $Ч = \text{"ЧАС"}$  на терм-множині  $T_2(Ч)$ ).

Чітке значення вихідної змінної знаходимо відповідно до виразу

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i}. \quad (11)$$

На рис. 8 представлена залежність  $\alpha = f(\alpha', t)$ , яка реалізована системою нечітких предикатних правил (12), для випадку  $k_1 = 1; k_2 = 0,7; k_3 = 0,4$ .

Залежність  $\alpha = f(\alpha', t)$  є безперервною і монотонною функцією, яка залежить від кількості базових терм-множин лінгвістичної змінної  $\mathcal{C} = \text{"ЧАС"}$ . Дане подання  $\alpha = f(\alpha', t)$  дозволяє адекватно виконувати оцінку знань при побудові векторної моделі студента, яка враховує час, витрачений на виконання конкретного завдання.

У четвертому розділі розробляється практична реалізація запропонованих моделей оцінки знань. На підставі запропонованої концептуальної моделі системи формується вихідна таблиця бази даних. Вихідне відношення розділяється на окремі сутності: студент, група, факультет, дисципліна, види занять, характеристика предмету та оцінки.

У додатках наведено результати імітаційного моделювання та матеріали, які підтверджують практичне використання результатів дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача побудови моделей і засобів оцінки знань, які застосовуються в автоматизованих навчальних системах. Основні результати й висновки дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Виконано аналіз методів, моделей та програмних засобів оцінки знань, які застосовуються в автоматизованих навчальних системах. На підставі проведеного аналізу сформульована постановка задачі дослідження.

2. Обґрунтовано доцільність застосування апарата теорії нечітких множин і нечіткої логіки, а також апарата теорії штучних нейронних мереж для формалізації евристичних методів викладача при виставлянні оцінки.

3. Розроблено інформаційну модель процесу автоматизованої оцінки знань, яка разом з кількісним показником поточної оцінки знань враховує показник часу, витраченого на виконання конкретного завдання.

4. Розроблено нечітко-нейронну систему, у якій виконана формалізація евристичних методів викладача при підсумковому оцінюванні знань. Формалізація виконана системою нечітких предикатних правил та відповідною реалізацією алгоритму нечіткого логічного висновку.

5. Удосконалено модель автоматизованої адаптації параметрів системи підсумкової оцінки знань до вимог конкретного викладача. Адаптація здійснюється корегуванням відповідних функцій належності термів лінгвістичної змінної “Оцінка” з використанням методів теорії оптимізації, які застосовуються при навчанні штучних нейронних мереж.

6. Запропоновано нечітку модель корегування поточної оцінки знань із урахуванням часу витраченого на виконання конкретного завдання. Застосування математичного апарата теорії нечітких множин і нечіткої логіки дозволяє формалізувати процес корегування оцінки за допомогою системи нечітких предикатних правил та відповідною реалізацією алгоритму нечіткого логічного висновку.

7. Запропоновано реалізацію нечітко-нейронної системи висновку підсумкової оцінки знань у вигляді ієрархічної структури, яка формується на підставі моделі предметної області. Декомпозиція системи на функціональні модулі дозволяє уникнути проблем, виникаючих при роботі з великою кількістю вхідних змінних.

8. Для практичної реалізації запропонованих у роботі моделей була створена програма “Qwester-results”, за допомогою якої проведена експериментальна перевірка запропонованих підходів до формалізації процесу оцінювання знань, на підставі якої одержані акти про впровадження результатів дисертаційної роботи.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Романовский В.И., Ноздренков В.С. Индивидуализация процесса дистанционного обучения в системах реального времени типа клиент-сервер на основе модели пользователя // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія. – Вінниця: ВНТУ.– 2005. –№1. – С. 23-27.

Здобувачем розроблені моделі та засоби індивідуалізації процесу дистанційного навчання за допомогою інформаційної технології “клієнт-сервер”.

2. Ноздренков В.С., Лебединский И.Л., Романовский В.И. Модуль нечеткого логического вывода итоговой оценки знаний обучаемого “QWESTER-RESULTS” // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2005. – №5/2 (17).– С. 137-140.

Здобувачем розроблені моделі та засоби підсумкової оцінки знань за допомогою теорії нечітких множин та нечіткої логіки.

3. Лебединский И.Л., Ноздренков В.С., Романовский В.И. Информационная модель оценки знаний обучаемого, учитывающая время, затраченное на выполнение конкретного задания // Вісник Сумського державного університету.– Суми: СумДУ.– 2005. –№ 9(81).– С. 76-82.

Здобувачем розроблені моделі та засобів оцінки знань з урахуванням часу, витраченого на виконання конкретного завдання.

4. Ноздренков В.С., Лебединский И.Л. Гибридная нечетко-нейронная система вывода итоговой оценки знаний // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – Вінниця: ВНТУ.– 2006. –№2(6). – С. 73-78.

Здобувачем розроблені моделі та засоби адаптації параметрів системи підсумкової оцінки знань до вимог конкретного викладача.

5. Ноздренков В.С. Иерархическая структура экспертной системы вывода итоговой оценки знаний // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ. – 2006.– № 1 (24).– С. 473-478.

6. Ноздренков В.С. Рейтинговая система оценки знаний, реализованная модифицированной моделью Такаги-Сугено // Вісник Сумського державного університету. – Суми: СумДУ.– 2006.– № 4(88). – С. 11-17.

7. Romanovskij V., Nozdrenkov V. Individualization of the remote education process in real time client-server systems based on user model // Збірник матеріалів четвертої міжнародної конференції “ІНТЕРНЕТ–ОСВІТА–НАУКА–2004”. – Том 1.– Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця.– 2004.– С. 163-167.

Здобувачем запропоновано використання інформаційної технології клієнт-сервер для побудови адаптивної системи дистанційної освіти.

8. Ноздренков В.С., Лебединский И.Л. Оценка качества тестовых методик на основе критериев валидности и надежности // Збірник праць Шостої міжнародної науково-методичної конференції “Інформатизація освіти та дистанційна форма навчання: сучасний стан і перспективи розвитку”. – Суми: СумДУ.– 2004. – С. 86-90.

Здобувачем розроблені засоби, які використовуються для оцінки якості тестових завдань.

9. Ноздренков В.С. Подсистема вычисления итоговой рейтинговой оценки “QWESTER-RESULTS” // Тези науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету СумДУ. Частина 2. – Суми: СумДУ.– 2006. – С. 135-137.

10. Ноздренков В.С. Реализация рейтинговой системы оценки знаний с помощью гибридной нечетко-нейронной информационной технологии // Труды Первой Международной конференции “Новые информационные технологии в образовании для всех”. – Киев.– 2006. – С. 166-176.

11. Ноздренков В.С. Концептуальная структура экспертной системы итоговой оценки знаний // Тезисы докладов Третьей международной научной конференции “Современные методы кодирования в электронных системах”. – Суми: СумДУ.– 2006. – С. 28-29.

### АНОТАЦІЇ

**Ноздренков В.С. Моделі та засоби оцінювання знань за допомогою гібридної нечітко-нейронної інформаційної технології.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2007.

У дисертаційній роботі запропоновано і обґрунтовано підхід до побудови моделей та засобів оцінки знань за допомогою гібридної нечітко-нейронної інформаційної технології. Ці моделі використовуються в автоматизованих навчальних системах як традиційної, так і дистанційної освіти. Розроблена інформаційна модель процесу автоматизованої оцінки знань, яка дозволяє враховувати час, витрачений на виконання конкретного завдання. Використання математичного апарату теорії нечітких множин та нечіткої логіки дозволяє формалізувати евристичні методи викладача при підсумковому оцінюванні знань. За допомогою гібридної нечітко-нейронної інформаційної технології була реалізована модель автоматизованої адаптації параметрів системи оцінки знань до вимог конкретного викладача. У роботі запропонована модель корегування поточної оцінки знань з урахуванням часу, витраченого на виконання конкретного завдання, яка реалізована системою нечіткого логічного висновку.

Проведено практичну апробацію запропонованих моделей та алгоритмів оцінки знань.

**Ключові слова:** автоматизована навчальна система, моделі оцінювання знань, дистанційне навчання, нечітко-нейронна інформаційна технологія.

**Ноздренков В.С. Модели и средства оценивания знаний с помощью гибридной нечетко-нейронной информационной технологии.** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2007.

Диссертация посвящена разработке моделей и средств автоматизированного оценивания знаний, которые являются основой математического обеспечения подсистем контроля знаний автоматизированных обучающих систем.

В работе выполнена классификация методов проведения контроля и моделей оценивания знаний. Представлен анализ методов моделирования уровня знаний обучаемого, применяемых в

интеллектуальных обучающих системах. Результаты анализа показали актуальность проблемы повышения качества обработки результатов контроля знаний. Применение современных информационных и компьютерных технологий позволяет автоматизировать данный процесс. На основании проведенного анализа можно сделать вывод о необходимости использования современных информационных и компьютерных технологий, что позволит приблизить результаты автоматизированного тестирования к результатам контроля знаний с привлечением преподавателя.

Эффективным средством формализации и представления нечетких понятий, категорий и знаний, в том числе и лингвистических высказываний является теория нечетких множеств и основанная на ней нечеткая логика. В работе обоснована целесообразность применения аппарата теории нечетких множеств и нечеткой логики, а также аппарата теории искусственных нейронных сетей для формализации эвристических методов преподавателя при выставлении оценки. Разработана информационная модель процесса автоматизированной оценки знаний.

На основании предложенной информационной модели была разработана нечетко-нейронная система, в которой выполнена формализация эвристических методов преподавателя при выставлении итоговой оценки знаний. Применение аппарата гибридных нейронных сетей позволяет использовать не только априорную информацию, знания эксперта-преподавателя, но и автоматически адаптировать параметры системы к требованиям конкретного преподавателя.

Впервые предложена нечеткая модель корректировки текущей оценки знаний с учетом времени затраченного на выполнение конкретного задания. Применение математического аппарата теории нечетких множеств и нечеткой логики позволят формализовать процесс корректировки оценки. Преимуществом предложенного подхода и реализующего его алгоритма нечеткого логического вывода является возможность гибко настраивать параметры системы контроля знаний, учитывающей время, затраченное на выполнение конкретного задания. Гибкость системы осуществляется выбором базовых терм-множеств лингвистической переменной  $V$ ="Время" и системой нечетких предикатных правил.

Предложена реализация нечетко-нейронной системы вывода итоговой оценки знаний в виде иерархической структуры формируемой на основании модели предметной области, что позволяет избежать проблем возникающих при работе с большим количеством входных переменных. Особенностью нечеткого логического вывода с использованием иерархической базы знаний является отсутствие процедур дефаззификации и фаззификации для промежуточных переменных, позволяющее задавать только терм-множества, без определения функций принадлежности.

Для практической реализации предложенных в работе моделей была создана программа "Qwester-results", с помощью которой была проведена экспериментальная проверка предложенных подходов к формализации процесса оценивания знаний. Применение разработанной системы в автоматизации процесса обучения позволит повысить качество оценки знаний не только при

традиционной форме обучения, но и в дистанционном образовании. Программа “Qwester-results” используется в учебном процессе в Сумском государственном университете, в Конотопском институте СумДУ, в лаборатории дистанционного обучения Центра компьютерных технологий, в Сумском колледже НАУ.

**Ключевые слова:** автоматизированная обучающая система, модели оценивания знаний, дистанционное обучение, нечетко-нейронная информационная технология.

**Nozdrenkov V.S. Models and tools of knowledge appraising with the help of hybrid fuzzy-neural information process technology.** – Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.13.06 - the automated control systems and progressive information technologies. – National technical university “Kharkov polytechnical institute”, Kharkov, 2007.

Effective means of formalization and representation of fuzzy concepts, categories and knowledge including linguistic statements is the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. In this work the information model of the automated knowledge appraising is developed.

On the basis of the suggested information model the fuzzy-neural system in which formalized the teacher’s heuristics of knowledge appraising is developed. Application of the method of hybrid neural networks allows to use not only the aprioristic information, knowledge of the expert - teacher, but also automatically to adapt parameters of system for requirements of the concrete teacher. The model of adjusting the knowledge estimation is offered in view of time used to perform the concrete task. For the practical realization of suggested models the program "Qwester-results" was executed.

**Key words:** the automated learning system, models of knowledge appraising, distant education, fuzzy-neural information technology.

Підп. до друку 05.04.2007 р. Папір офсетний.

Формат 60×84/16.

Обл.-вид. арк. 0,9. Друк офсетний.

Наклад 100 прим.

Ум. друк. арк. 1,1.

Замовл. №

Видавництво СумДУ. Свідоцтво ДК№2365 від 08.12.2005 р.

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Друкарня СумДУ. 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.