

Національна академія наук України  
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова

На правах рукопису

ЯЦЕНКО Валерій Валерійович

УДК 681.3.06

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ  
ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ  
УЧБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

05.25.05 — інформаційні системи та процеси

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

Київ 1994



00756165 (U)

Дисертація в рукописі

Ав 31.677

Робота виконана в Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України.

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник ПЕТРУШИН В. О.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор ДОВГЯЛЛО О. М.

кандидат фізико-математичних наук БАРДАДИМ В. О.

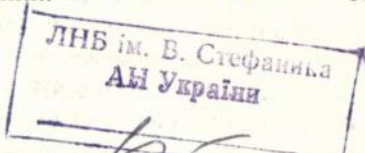
Провідна організація: Київський політехнічний інститут Міністерства освіти України.

Захист відбудеться «31» 01 1995 р. о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 016.45.05 при Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України за адресою:

252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічному архіві інституту.

Автореферат розісланий «29» 12 1994 р.



Учений секретар спеціалізованої вченої ради

РЕВЕНКО В. Л.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

*Актуальність проблеми.* Необхідною умовою для досягнення мети інформатизації освіти є впровадження комп'ютерної технології навчання (КТН).

Вирішення задач діагностики та класифікації в економіці, біології, медицині ускладнений у зв'язку з природньою невизначеністю об'єктів дослідження. Знання людини також нечіткі за своєю природою. Дидактична ефективність комп'ютерного навчання підвищується за рахунок більш адекватного відображення предметної області, що може бути досягнуто використанням у представленні знань елементів штучного інтелекту, а саме, апарату теорії нечітких множин (*fuzzy sets*).

Математичні методи нечіткої класифікації використовуються у навчальних середовищах як для навчання віднесенню об'єктів предметної області до того чи іншого класу, так і для аналізу якості учбового матеріалу, для класифікації самих учнів за рівнем засвоєння предметних знань, за рівнями сформованості самостійної роботи та у психодіагностиці учнів.

Автоматизація нечіткої класифікації є однією з важливих задач підвищення ефективності КТН, а формою для її реалізації пропонується система штучного інтелекту - експертна система, яка реалізує презентацію нечітких знань та механізм обробки цих знань.

Останнім часом постерігається децентралізація системи освіти, що було обумовлено появою приватних та незалежних навчальних закладів. Сумісно з проблемою сертифікації навчальних закладів виникає питання про вибір змісту навчання або сукупності знань, вмінь та навичок, якими повинні оволодіти учні у процесі навчання.

Процес відбору змісту навчання, учбових планів та програм, систематизація та структурування матеріалу в навчальних посібниках є складним творчим процесом з притаманними йому як об'єктивними, так і суб'єктивними факторами. Складність зазначеної проблеми обумовлена великим обсягом предметної області - кількість структурних елементів може досягати кількох сот. Проте задача вибору змісту навчання може бути з успіхом вирішена на основі синтезу високопрофесійних

знань викладачів, учених та спеціалістів, які працюють у даній галузі шляхом проведення експертного оцінювання.

Автоматизація проведення такої експертизи з метою отримання погодженого експертного рішення про зміст навчання є актуальною задачею на теперішньому етапі розвитку освіти в Україні.

*Метою досліджень* дисертаційної роботи є дослідження та розробка методів презентації експертних знань про навчальну предметну область, алгоритмізація ефективних механізмів прийняття класифікаційних рішень та погоджених рішень в експертизі про зміст навчання, а також програмна реалізація на їх основі спеціалізованих інструментальних засобів.

*Методи досліджень.* У роботі використовувались методи математичної статистики та теорії нечітких множин, елементи теорії ймовірностей та теорії можливостей, методи штучного інтелекту, а також сучасні методи проектування та реалізації програмного забезпечення.

*Наукова новизна.* У роботі

1) запропоновані механізми логічного виводу для експертних систем учбового призначення для діагностики та класифікації в умовах невизначеності предметної області, які базуються на теорії нечітких множин та байєсівському підході до прийняття рішень;

2) запропонована методика створення нечітких експертних систем з урахуванням суб'єктивної нечіткості знань експерта та об'єктивної незизначеності предметної області;

3) розроблені методи використання нечіткої експертної системи як когнітивного інструмента учня;

4) запропонована методика підготовки, проведення та аналізу результатів автоматизованої експертизи про зміст базових навчальних дисциплін для різних ланок освіти;

5) розроблені методи проведення експертизи про зміст освіти з дистанційно віддаленими експертами на основі використання ЕОМ та засобів телекомунікацій.

*Практична цінність роботи* полягає у розробці методів презентації знань та прийняття рішень для прикладних систем учбового призначення - учбових середовищ з розв'язання задач за класифікацією об'єктів нечітких предметних областей та систем підтримки прийняття групових рішень про зміст нав-

чання. Розроблені алгоритми можуть бути використані при проектуванні систем штучного інтелекту зазначених класів.

Реалізація результатів роботи. Запропоновані алгоритми та методи реалізовані у двох інформаційних системах учбового призначення. Інструментальна експертна система ТРАПЕЦІЯ впроваджена в Українському інституті інженерів водного господарства (м.Рівне) та застосовувалась у спецкурсі "Використання комп'ютерних технологій в екології". Система по узгодженню експертних думок КОНКОРД впроваджена у Київському державному економічному університеті та використовувалась у автоматизованій експертизі змісту навчальної дисципліни "Економіка".

Програмні засоби реалізовані у вигляді інструментальних систем, що дозволяє моделювати предметні області з різною структурою.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на міжнародній конференції "Схід-Захід: Штучний інтелект - від теорії до практики" (Москва, 1993), науково-методичній конференції "Проблеми розвитку змісту освіти на бакалаврському етапі в світлі вимог ринкової економіки" (Київ, 1994), міжнародній конференції "Схід-Захід: комп'ютерна технологія в освіті" (Сімферополь, 1994).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 8 статей.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літератури (110 найменувань), п'яти додатків. Обсяг роботи - 133 сторінки машинописного тексту, 3 таблиці, 8 рисунків.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, актуальність дослідженої проблеми, сформульована ціль роботи, наведено короткий зміст розділів дисертації.

У першому розділі наведена класифікація програмного забезпечення КТО, викладено аналіз сучасних методів презентації нечітких знань та прийняття рішень за умов невизначеності інформації. Розглянуто математичні методи та програми засоби для вирішення задач класифікації, а так ж цілі, етапи проведення і обробка результатів експертного огляду.

вання, методи отримання групового рішення, форми проведення експертиз складних систем, що ієрархічно структуровані. Сформульовано задачі дисертаційної роботи.

Нині активно розвивається напрямок використання учбових середовищ як когнітивного інструмента учня (*cognitive tool*). Для підтримки процесу структуризації та формалізації своїх знань учень використовує інструментальні системи штучного інтелекту: системи побудови розв'язувачів задач, оболонки для побудови гіпермедіальних застосувань та концептуальних семантичних сітей, а також оболонки експертних систем (ЕС).

У дисертаційній роботі розглядається використання інструментальних ЕС як пізчавального засобу учня в ході рішення останнім класифікаційних (діагностичних) задач в областях з природньою невизначеністю об'єктів (екологія, біологія, медицина та ін.), які мають такі особливості як перекривання класів, наявність взаємозалежних елементів, неточність числових параметрів.

Зазначаються типи невизначеності інформації, які існують в задачах діагностики: об'єктивна нечіткість властивостей реальних об'єктів та суб'єктивна нечіткість мислення людини-експерта. Наводяться способи презентації нечітких знань, а також три основних підходи, що враховують невизначеність знань при прийнятті рішень: 1) ймовірносний підхід, 2) підхід, який засновано на теорії свідочств Демпстера-Шейфера; 3) підхід теорії можливостей.

Аналізуються методи та засоби класифікації. Розглядаються програмні пакети, що дозволяють проводити дискримінантний і кластерний аналізи, здійснювати ієрархічну класифікацію. Недоліком програм є обробка тільки точних значень експериментальних даних, що призводить до втрати адекватності при побудові моделей реальних об'єктів.

На основі проведеного аналізу робиться висновок про необхідність інтелектуалізації методів та засобів діагностики. Зазначену задачу пропонується розв'язувати використанням в представленні знань нечітких множин з трапецієвидною функцією належності. Як програмний засіб пропонується інструментальна ЕС, яка реалізує презентацію нечітких знань, а також ймовірносні механізми прийняття рішень.

Робиться висновок, що використання в навчанні нечітких ЕС дозволить підвищити дидактичну ефективність комп'ютерного навчання завдяки більш адекватному представленню предметної області та наблизити отримане машинне рішення до рівня людини-експерта.

Розглянуто задачі та форми проведення експертиз, методи отримання групових думок експертів: метод простої більшості, принцип Кондорсе, метод підсумовування рангів, мінімізації відхилів, оптимального передбачення.

Визначені напрямки використання експертних оцінок в освіті. Одним з напрямків експертного оцінювання та відповіддю на питання "як вчити?" є оцінка якості існуючих учбових курсів за такими показниками, як важливість курсу в системі підготовки фахівців даного профілю, змістовність матеріалу, методичний рівень викладання, чіткість та ясність викладання. Предмет другого напрямку експертного оцінювання - сукупність знань, вмінь та навичок, які повинен придбати учень ("чому навчати?").

Корінна зміна форм та змісту навчання, яка викликана потребами привести рівень освіти в нашій країні до відповідності загальноосвітовим вимогам до освіти, ставить задачу вибору змісту навчання в ряд найбільш важливих, а використання експертної інформації є логічним рішенням цього складного питання.

Для автоматизації експертизи про зміст навчання пропонується система підтримки прийняття рішень (СППР). На основі аналізу СППР за галуззю застосування, за роллю, що приділяється користувачу в діалозі з системою, та за наявністю і характером бази даних, для розв'язку задач погодження думок про зміст навчання при фіксованій структурі знань про учбовий предмет, зазначається доцільність розробки проблемно-орієнтованої системи з послідовною передачею керування між особою, яка приймає рішення, та системою, що має засоби для накопичення експертних знань та результатів експертизи.

Виконаний аналіз дозволив обґрунтувати актуальність теми, сформулювати основні задачі роботи та необхідну для їх рішення систему теоретико-прикладних досліджень.

У другому розділі наведені постановка та вирішення задачі класифікації об'єктів за умов нечіткості предметної об-

ласті. Запропоновано два алгоритми рішення задачі, перший з яких базується на використанні байєсівської моделі з евристичними формулами обчислення ймовірностей підтвердження та спростувань гіпотез, другий - на понятті степеня розділення нечітких множин. Описана запропонована методологія побудови нечітких експертних систем, особливості структури та функціональні можливості інструментальної експертної системи **ТРАПЕЦІЯ**, яка призначена для генерації прикладних діагностичних експертних систем, а також використання системи в навчальному процесі.

Задача нечіткої класифікації сформульована в термінах теорії нечітких множин та містить наступні об'єкти:

- $K = \{K_i \mid (i=1 \dots k)\}$  - кінцева множина цільових класів, кожний клас  $K_i$  має вагу  $w_i$ , яка відображує апіорні знання експерта про ймовірність стану об'єкта;

- $X = \{X_j \mid (j=1 \dots n)\}$  - множина показників (змінних), кожний з яких поданий нечітким інтервалом  $X_j = (a_j, b_j, c_j, d_j)$  з трапецієвидною функцією належності та вагою  $v_j$ ;

- $R = \{R_l \mid (l=1 \dots m)\}$  - множина співвідношень між показниками, що задаються лінійними нерівностями вигляду

$$\sum_i a_i X_i \leq \sum_j b_j X_j$$

де  $a_i, b_j$  - чіткі додатні числа,  $X_i, X_j$  - нечіткі величини з множини показників;

- $F = \{F_{ij} \mid (i=1 \dots k, j=1 \dots n)\}$  -  $k \cdot n$  нечітких інтервалів  $F_{ij} = (a'_{ij}, b'_{ij}, c'_{ij}, d'_{ij})$  з трапецієвидними функціями належності, які задають характерні значення показника  $X_j$  для класу  $K_i$ ;

- $Y = \{Y_j \mid (j=1 \dots n)\}$  - набір даних, що представляють собою нечіткі числа  $Y_j = (y_j, y_j - e_j, y_j + e_j)$ ,  $y_j$  - результат вимірювання  $j$ -го показника, а  $e_j$  - точність вимірювання.

Для подання задачі політетичної класифікації використувалась стандартна дворівнева (симптоми-гіпотези) байєсовська модель. Особливість підходу полягає в тому, що запропоновано метод отримання параметрів байєсовської моделі виходячи з нечітких величин значень показників та їх функцій належності. Тим самим встановлено перехід від презентації експертних знань мовою нечітких множин до байєсовських методів ймовірнісного виводу.

В якості гіпотез приймається належність об'єкта до визна-

наченого класу, а їх апіорні ймовірності обчислюють на підставі вагів класів  $P(K_i) = w_i / \sum_j w_j$ .

Симптомами є належність значень показників інтервалам, що характерні для кожної з гіпотез (класів). Таким чином, значення  $Y_j$  показника  $X_j$  дає значення  $k$  симптомом (по одному симптому для кожної гіпотези). Оцінка симптома  $S_{ij}$  здійснюється обчисленням значення степеня належності значення даного  $\Gamma_j$  інтервалу  $F_{ij}$  з наступним лінійним відображенням його на шкалу  $[-5, 5]$ . Всього є  $nk$  симптомів  $S_{ji}$ , якщо показники незалежні, чи  $n \cdot k$  симптомів, де  $n'$  ( $n' < n$ ) - кількість залежних показників. Ймовірності підтвердження  $P^+_{ij} = P(S_{ji}|K_i)$  та спростувань  $P^-_{ij} = P(S_{ji}|-K_i)$  обчислюються на підставі ваги показника  $v_j$  за евристичними формулами

$$P^+_{ij} = 1 - 1/(v_j + 1); \quad P^-_{ij} = P^+_{ij}/v_j.$$

Передбачається, що модель несуперечна, а кожне значення з набору даних оцінюється на належність відповідному показникові.

Пропонується алгоритм рішення заданої класифікації, що заснован на байєсовському підході, який має таку структуру: 1) обчислення апіорних ймовірностей гіпотез виходячи з їх ваги; 2) обчислення ймовірностей підтвердження та спростувань, надання значень симптомом, а також обчислення апостеріорних, максимальних та мінімальних ймовірностей для кожної гіпотези; 3) класифікація гіпотез на прийняті, не прийняті та невизначені в залежності від значень їх ймовірностей; 4) сортування гіпотез за значенням ймовірностей.

Альтернативним підходом до вирішення питання віднесення об'єкта до того чи іншого класу в нечіткій предметній області, пропонується підхід, який засновано на теорії нечітких множин. Даний підхід до прийняття класифікаційного рішення застосовує поняття степеня розділення нечітких множин.

З урахуванням вагових коефіцієнтів показників  $v_j$  та класів  $w_i$ , на підставі обчислення степеня розділення  $DS_{ij}$ , а також нормалізації можливостей формула для обчислення  $P(K_i)$  має вигляд

$$P(K_i) = w_i \sum_j (1 - DS_{ij}) v_j / \sum_i w_i (\sum_j v_j).$$

Пропонується методика побудови нечіткої експертної системи. Процес формування структури та параметрів моделі об'єкта складається з наступних етапів.

*Етап 1.* Визначення можливих класів стану об'єкта (гіпотез), рангування їх, задання вагів як степеня апріорної впевненості в тому, що той чи інший стан може мати місце.

*Етап 2.* Виділення множини показників, що характеризують стан об'єкта, визначення нечітких інтервалів зміни цих показників та призначення кожному показнику ваги, яка відображує суб'єктивну думку експерта про степінь впливу даного показника на рішення задачі класифікації.

*Етап 3.* Встановлення відповідності між кожним класом стану об'єкта та характерними для нього нечіткими інтервалами зміни значень кожного показника.

*Етап 4.* Складання відношень між нечіткими інтервалами зміни значень показників у вигляді лінійних нерівностей (в описі предметної області ряду задач можуть бути відсутніми).

*Етап 5.* Тестування моделі на різних наборах даних з використанням обох механізмів прийняття рішення. Якщо результат незадовільний, тоді належить повторити етап 3 чи етапи 1, 2, 4.

Описується розроблена інструментальна експертна система ТРАПЕЦІЯ, яка призначена для проведення діагностики та класифікації за умов нечіткості знань про предметну область, що реалізує обидва алгоритми прийняття класифікаційного рішення та підтримує наведену методологію побудови нечіткої експертної системи.

Задача класифікації об'єктів екосистем та їх числових характеристик є центральною в екології. Однією з таких задач, рішенням якої займаються як студенти-екологи, так і установи по охороні та використанню водоресурсів, є задача по визначенню класу чистоти води. Для використання в навчанні та промисловій діагностиці за допомогою ТРАПЕЦІЇ було розроблено п'ять екологічних експертних систем класифікації чистоти поверхневих вод як для окремих груп показників - неорганічних та органічних речовин, біологічних показників, показників промислових забруднень, так і їх інтегрального впливу.

Описується застосування навчального середовища ТРАПЕЦІЯ як когнітивного інструмента учня в курсі "Вико-

ристання комп'ютерних технологій в екології" в Українському інституті інженерів водного господарства (м. Рівне).

Перед учнями ставилась задача - створити ЕС для діагностики чистоти води шляхом заповнення порожньої бази знань оболонки ТРАПЕЦІЯ необхідними екологічними знаннями. Використовуючи текстологічні методи вилучення знань (аналіз спеціальної літератури, аналіз підручників та методик) та знання, отримані на заняттях, учні виявляли, структуризували та формалізували знання для майбутньої ЕС.

Для навчання створенню діагностичних ЕС для нечітких предметних областей розроблено учбовий курс, що складається з лекційних (4 години), практичних (8 годин) та лабораторних (6 годин) занять.

Цілі курсу: знайомство с класом програм штучного інтелекту - експертними системами, навчання методам прийняття рішень за умов невизначеності, навчання роботі з оболонками ЕС (на прикладі системи ТРАПЕЦІЯ).

У *третьому розділі* розглянута постановка задачі вибору змісту базових навчальних дисциплін для різних ланок освіти, запропонована методика підготовки та проведення експертизи про зміст навчання, описана розроблена інструментальна система підтримки прийняття рішень по узгодженню експертних думок про зміст навчання. Запропоновано методи та засоби проведення дистанційної експертизи про зміст навчання з територіально віддаленими експертами.

Розв'язання задачі вибору змісту навчання представляє собою набір узгоджених навчальних програм (описів предметних областей) з кожної дисципліни для кожної ланки освіти, які містять мінімальний перелік необхідних елементів знань, навичок, вмінь, із зазначенням рівня їх засвоєння, а також передбачену послідовність вивчення розділів даного предмета. Крім того, навчальні програми повинні бути узгоджені як в "глибину", тобто повинна мати місце наступність та поглиблення знань в межах однієї дисципліни при переході від більш низької ланки освіти до більш високої, так і в "ширину", тобто повинні бути встановлені міжпредметні зв'язки у відповідності з логікою та глибиною вивчення суміжних навчальних дисциплін.

Для побудови набору узгоджених описів навчальних дис-

дисциплін залучають експертів - викладачів середньої та вищої школи, учених, фахівців державних та приватних підприємств по профілю учбового закладу.

Проведення якісного експертного оцінювання по створенню описів навчальних дисциплін передбачає розробку методики організації експертизи, методів презентації експертних знань, розробку алгоритмів та програмних засобів для автоматизації збору та оцінки експертних даних.

Пропонується методика проведення експертизи, яка складається з таких етапів:

*Етап 1.* Підготовка описів навчальних дисциплін колективом авторів з 3-7 чоловік для кожної дисципліни і для кожної ланки освіти.

*Етап 2.* Погодження описів навчальних дисциплін "в глибину", тобто отримання узгоджених описів в межах однієї дисципліни для всіх ланок освіти.

*Етап 3.* Проведення незалежної експертизи описів навчальних дисциплін, що включає оцінки як описів кожної ланки освіти, так і узгоджених описів для всіх ланок.

*Етап 4.* Аналіз експертних даних з метою оцінки погодженості думок експертів, досягнення їх погодженої думки та надання рекомендацій особи, що приймає рішення.

*Етап 5.* Узгодження описів навчальних дисциплін "в ширину", тобто отримання описів з узгодженими міжпредметними взаємодіями. Прийняття остаточного рішення про зміст навчання за сукупністю навчальних дисциплін.

В цілому процес вирішення задачі вибору змісту навчання має ітеративний характер. Він має два вкладені контури зворотнього зв'язку, кожний з яких може потребувати до трьох повторень.

Зміст навчання по окремому предмету для заданого рівня освіти подається у вигляді окремої бази знань (моделі), що має ієрархічну структуру. Учбовий предмет подається у вигляді списку назв тем, перелічених в запропонованому порядку вивчення.

Кожна тема розбивається на структурні одиниці, наприклад, терміни і поняття, явища та процеси, відношення, алгоритми, евристики. Структурна одиниця містить множину назв елементів знань, кожному елементу котрого співставляється

пропонований авторами рівень засвоєння. Належність елемента знань до теми означає, що даний елемент, з точки зору колективу авторів, повинен обов'язково входити до навчального предмету.

Діяльність учнів в учбовому процесі або репродуктивна (відтворення знань), або продуктивна (використання нових знань для творчого розв'язування задач). У зв'язку з цим виділені три рівні засвоєння учбового матеріалу, які відповідають етапам формування розумових дій в теорії П.Я. Гальперіна: 1) рівень розуміння та володіння; 2) рівень навичок; 3) рівень вміння. Експертиза елементів знань здійснюється за двома шкалами: шкала для оцінки необхідності входження елемента знань до предмета та шкала для оцінки рівня засвоєння елемента знань, існуючих відповідно до наступних лінгвістичних значень: [залишити обов'язково, залишити бажано, виключити] та [вміти повторити, вміти застосовувати, творче застосування].

Дані критиків включають:

1) перенумерацію тем предмета у відповідності до запропонованих критиком порядком їх вивчення;

2) оцінки необхідності присутності та рівня засвоєння для кожного елемента знань.

Ці дані так само можна подати в вигляді дерева, аналогічного дереву авторської бази знань, однак на нижньому рівні кожного елементу знань присвоюється два значення.

При аналізі погодженості думок експертів про порядок вивчення тем дисципліни обчислюються дві статистики, які характеризують міри погодженості думок критиків між собою та погодженість колективної думки критиків з думкою авторського колективу. Цими мірами виступають коефіцієнт конкордації та коефіцієнт рангової кореляції (міра непорядкованості) Кенделла. При обчисленні використовуються вагові коефіцієнти, що відображують компетентність експертів.

Для аналізу елементів знань за двома шкалами як критерій узгодженості вибрано принцип більшостей з урахуванням вагових коефіцієнтів. Як колективна думка критиків приймається класифікація всіх елементів знань за значеннями першої шкали. Елементи, що не набрали більше половини

голосів критиків ні за одним із значень шкали відносяться до класу неузгоджених, а елементи, за якими відсутні дані, відносяться до класу неопрацьованих. Показником погодженості думки критиків служить величина  $K = 1 - K_c / (K_t - K_m)$ , де  $K_c$  - загальне число неузгоджених елементів знань,  $K_t$  - загальне число елементів знань в описі,  $K_m$  - кількість неопрацьованих елементів знань.

Описується аналіз структури групи критиків за підставі їх оцінок із застосуванням методів ієрархічної кластеризації. Результатом аналізу є дендрограма, яка об'єднує критиків у групи за близькістю їх думок. Аналізуються можливі ситуації неоднорідності групи експертів та варіанти її виправлення.

Описана інструментальна система, призначена для представлення та обробки експертних оцінок про зміст навчання за базовими дисциплінами для різних ланок освіти та формування групового експертного рішення.

Система КОНКОРД працює за двома основними режимами:

- 1) створення та модифікація моделей предметної області;
- 2) ввід, корекція та аналіз експертних оцінок.

Режим побудови та модифікації моделей предметної області використовується для представлення знань колективу авторів та реалізації наступних цілей:

- ввід/модифікація назв тем навчальної дисципліни;
  - створення/редагування структури моделі предметної області;
  - завдання лінгвістичних шкал для оцінки рівня засвоєння елемента знань та для оцінки необхідності включення елемента знань в предмет;
  - ввід/редагування списку елементів знань та рівнів їх засвоєння;
  - формування та вивід в файл проекту навчальної дисципліни, запропонованої до експертизи, в вигляді ієрархії тем, структурних одиниць та елементів знань;
  - створення та вивід в файл форми, призначеної для заповнення експертами в ході експертного оцінювання;
  - генерація коду програм опитування експертів мовою *Turbo Pascal 6.0* для проведення дистанційної експертизи.
- Після того, як експертиза проведена та зібрані заповнені експертами форми (бланки) експертизи, система дозволяє

вести в комп'ютер та статистично обробити отриману експертну інформацію.

Зазначені переваги автоматизації оцінювання навчальної предметної області, що нараховує декілька сотень об'єктів: суттєве скорочення часу як на підготовку експертизи (створення описів предметних областей, формування та друкування бланків), так і на обробку результатів, що особливо важливо при багатотуровій формі її проведення.

Для підвищення якості групового рішення пропонується запрошувати експертів за близькими по профілю закладами з різних міст країни. Труднощі, що пов'язані з витратами на проїзд до місця експертизи, з відривом високопрофесіональних фахівців від основної роботи, а також із суб'єктивними факторами пропонується усунути використанням засобів телекомунікацій, зокрема телефонної мережі. Для зв'язку територіально віддалених експертів потрібні

- *експерту*: персональний комп'ютер сумісний з *IBM PC/XT AT*, модем, телекомунікаційна програма (наприклад *MTE, BitCom*);

- *організаторам*: персональний комп'ютер сумісний з *IBM PC/XT AT*, модем, а також програма, що надає свої ресурси з запитом телекомунікаційного користувача - *Bulletin Board System (BBS)*.

Розглянуті три підходи щодо організації дистанційної експертизи: 1) пересилка програмного забезпечення для збору даних (наприклад, системи *КОНКОРД*) по телекомунікаційних каналах у територіально віддалене місце знаходження експерта (-ів), проведення збору даних на місцях, пересилка їх в центральний комп'ютер, інтеграція даних з різних міст та їх обробка; 2) реалізація за допомогою універсальної мови програмування чи генерація за допомогою спеціалізованих інструментальних засобів програми для опитування експерта з метою збору даних; 3) реалізація програми для опитування експерта за допомогою стандартних засобів *BBS* чи універсальної телекомунікаційної програми.

Описується використання другого підходу для електронного опитування експертів. Експертиза містить такі етапи:

- 1) генерація системою *КОНКОРД* програми опитування.

яка представляє собою написану мовою *Turbo Pascal* діалогову програму, що здійснює ввід/вивід інформації в телекомунікаційний порт головної машини та накопичує в файлі оцінки від різних експертів;

2) звертання експерта із свого комп'ютера до центральної машини за допомогою телефонної мережі ;

3) запуск експертом програми опитування на центральній машині спеціальними засобами *BBS (DOORS)*;

4) оцінювання експертом на своїй машині об'єктів предметної області, що послідовно поставляються йому для розгляду програмою опитування.

У четвертому розділі описані постановка, проведення та аналіз результатів експерименту щодо формування групової експертної думки про зміст навчальної дисципліни.

Мета експерименту: 1) апробація методики дабуття експертних знань про зміст навчання шляхом проведення автоматизованої експертизи; 2) декомпозиція предметної області у вигляді ієрархії тем, структурних одиниць та елементів знань розробленими інструментальними програмними засобами; 3) отримання погодженого експертного рішення про порядок вивчення тем та зміст навчальної дисципліни.

Експеримент провадився на базі Київського державного економічного університету в рамках програми Міністерства освіти "Розробка змісту неперервної освіти базових дисциплін" з дисципліни "Економіка". Необхідність перегляду змісту даного предмету зумовлена переходом до рівневої системи підготовки фахівців у вищій школі, а саме, до підготовки бакалаврів та магістрів економіки.

Авторський колектив розробив модель предметної області, що містить 10 навчальних тем, розташованих у рекомендованому порядку для вивчення. Кожна тема складається з чотирьох структурних одиниць: терміни та поняття, явища, відношення, алгоритми. В моделі представлені 93 елементи знань.

Експертиза провадилась шляхом індивідуального анкетування 12 експертів. Системою КОНКОРД на основі моделі предметної області був згенерований бланк опитування експертів, після чого останні оцінили порядок вивчення тем дисципліни, запропонований авторською групою, та ступінь важливості елементів знань у навчальному предметі, рівень їх

засвоєння.

Добре узгоджені результати дозволяють говорити про можливість та необхідність для освіти України проведення подібних експертиз с метою погодження думки вчителів, викладачів та фахівців про зміст не тільки предмета по економіці, але і всього комплексу базових дисциплін.

*У висновку* узагальнені результати виконаної роботи.

*У додатках* наведені програма курсу навчання побудові нечітких діагностичних експертних систем та протоколи результатів аналізу дисципліни "Економіка".

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

В дисертації запропоновано новий підхід до застосування нечітких експертних систем як когнітивного інструмента учня, а також розроблена методика проведення автоматизованих експертиз про зміст навчальних дисциплін.

Як результати проведених досліджень в даній роботі

- 1) запропоновано алгоритми логічного виводу для ЕС, що базуються на становищах теорії можливостей та методах ймовірносного виводу, для класифікації об'єктів по ряду безперервних показників, що містять нечіткі інтервали значень;
- 2) запропонована методика побудови нечітких експертних систем для класифікації за умов нечіткості знань та даних;
- 3) розроблено курс навчання створенню експертних систем з діагностики в нечіткій предметній області;
- 4) реалізована інструментальна експертна система ТРАПЕЦІЯ з двома механізмами виводу, яка призначена для генерації прикладних експертних систем класифікації об'єктів, та використовувана в навчанні як когнітивний інструмент учня;
- 5) розроблена методика проведення експертизи про зміст навчання для різних ланок освіти;
- 6) розроблені методи та засоби проведення дистанційної експертизи для набуття знань про зміст навчальних дисциплін від територіально віддалених експертів;
- 7) розв'язана алгоритмічно та реалізована програмно у вигляді інструментальної системи КОНКОРД проблема отримання погодженого експертного рішення про зміст навчання.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних статтях

1. Яценко В.В. Метод решения одного класса диагностических задач с учетом неопределенности в исходных данных //Использование математических методов и информационных технологий в технических и экономических системах.- Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН Украины, 1992.- С.16-82.

2. Яценко В.В., Петрушин В.А., Адрианов С.Т. TRAPEZIUM - инструментальная экспертная система для классификации объектов в условиях нечеткости // Интеллектуализация компьютерных технологий обучения. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН Украины, 1993.- С.35-38.

3. Petrushin V.A., Yatsenko V.V., and Adrianov S.T. TRAPEZIUM: an expert system shell for solving classification problems with fuzziness and uncertainty//East-West Intern. Conf. on Artificial Intelligence (EWAIC'93), Moscow, 1993.- P.347-351.

4. Петрушин В.А., Яценко В.В. Методическое обеспечение проведения и анализа экспертиз о содержании обучения по базовым дисциплинам // Разработка и использование информационных технологий в системах управления. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН Украины, 1993.- С.75-82.

5. Козаков В.А., Петрушин В.А., Степаненко С.В., Яценко В.В. Методика автоматизованої експертизи змісту навчання // Проблеми розвитку змісту освіти на бакалаврському етапі в світлі вимог ринкової економіки.- К.: КДЕУ, 1994.- С.80-81.

6. Петрушин В.А., Яценко В.В., Адрианов С.Т. TRAPEZIUM -инструментальная экспертная система для диагностики в условиях нечеткости и неопределенности//УСНМ.-1994.-N1.- С.57-64.

7. Petrushin V.A., Yatsenko V.V. Local and distant educational expert examinations: a case study in selecting contents of academic disciplines//East-West Intern. Conf. on Computer tech. in education (EW-ED'94). Simferopol, Crimea, 1994.- P.176-177.

8. Петрушин В.А., Яценко В.В. Дистанционная экспертиза для выбора содержания учебных дисциплин. Опыт разработки и внедрения компьютерных технологий в обучение. - Киев: Ин-т кибернетики НАН Украины, 1994.- С.15-19.

Яценко В. В. Исследование и разработка методов и средств представления знаний и принятия решений в информационных системах учебного назначения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.25.05- «Информационные системы и процессы». Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, Киев, 1994.

Объектом исследования являлись нечеткие экспертные системы, используемые в качестве когнитивного инструмента учащегося, и экспертные оценки в области образования. Разработана инструментальная экспертная система, предназначенная для генерации прикладных экспертных систем нечеткой классификации объектов. Предложена методика проведения экспертизы о содержании обучения для различных уровней образования. Разработаны методы и средства проведения дистанционной автоматизированной экспертизы для приобретения знаний о содержании учебных дисциплин от территориально удаленных экспертов. Реализована инструментальная система по получению согласованного экспертного решения о содержании обучения.

Yatsenko V. V. Research and development methods and software for knowledge representation and decision making support in educational information systems.

Doctor of technical sciences thesis, speciality 05.25.05- information systems and processes. V. M. Glushkov Inst. for Cybernetics, NAS of Ukraine, Kyiv, 1994.

The objects of the investigation are fuzzy expert systems, which are used as a learner's cognitive tools, and experts' estimations in the field of education. An expert systems shell was implemented. It is intended for generating applied expert systems for fuzzy classification. A method for conducting expert examination about the contents of academic disciplines for various levels of education was proposed. Techniques and software for conducting distant expert examinations were developed and implemented. A tool for analysis and processing experts' data, and working out a coordinated decision about the contents of academic disciplines was implemented and applied to solve real problems.

Ключевые слова: нечеткая классификация, нечеткие экспертные системы, когнитивный инструмент, компьютерная технология обучения, экспертные оценки, дистанционная экспертиза.

456290

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

АВ 31.677

Підп. до друку 26.12.94. Формат 60×84/16. Папір друк. №2. Ум. друк.  
арк. 0,96. Ум. фарб.-відб. 1,05. Обл. вид. арк. 1,0. Зам. 1281. Тираж 100.

---

Редакційно-видавничий відділ з поліграфічною дільницею  
Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України  
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40