

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

БЕСЕЛОВСЬКА ГАЛИНА ВІКТОРІВНА

УДК 519.5:681.142.2:371.3

МОДЕЛІ ДІАЛОГОВИХ СИСТЕМ НАВЧАННЯ
НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

05.13.06 - Автоматизовані системи управління
та прогресивні інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ХЕРСОН - 1997

75
9
24



Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі "Програмного забезпечення ЕОМ" Херсонського державного технічного університету

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ХОДАКОВ ВІКТОР ЄГОРОВИЧ,
Херсонський державний технічний
університет, зав. кафедрою Програм-
ного забезпечення ЕОМ

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор ШАРОНОВА НАТАЛІЯ
ВАЛЕРІЇВНА, Харківський гуманітарний інститут "Народна Українська
Академія", проректор, зав. кафедрою "Документознавства та
інформаційної діяльності"

2. Кандидат фізико-математичних наук, доцент АБРАМОВ
ГЕННАДІЙ СЕРАФИМОВИЧ, Херсонський державний технічний
університет, доцент кафедри "Прикладної математики та
математичного моделювання"

Провідна установа:

Херсонський державний педагогічний інститут, кафедра
"Інформаційних технологій", Міністерство освіти України, м. Херсон

Захист відбудеться "24" вересня 1997 р. о 13⁰⁰ годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 19.01.06 у Херсонському
державному технічному університеті за адресою: 325008, м. Херсон,
Бериславське шосе 24, корп. 3, ауд. 322

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Херсонського
державного технічного університету за адресою: 325008, м. Херсон,
Бериславське шосе 24, корп. 1

Автореферат розісланий "24" вересня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Рогальський Ф.Б.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний етап науково-технічного прогресу характеризується інтенсивним розвитком процесів інформатизації усіх галузей діяльності, що викликає необхідність суттєвого підвищення ефективності та якості підготовки фахівців. Найбільш вагомим внеском до розв'язання цих задач є застосування діалогових систем навчання на основі персональних ЕОМ, перспективні тенденції розвитку яких пов'язані зі значним підвищенням складності даних систем та посиленням ролі фактору людини-користувача. У відповідності до чого дедалі актуальнішим стає створення методологічного апарату моделювання діалогових систем навчання, адекватного сучасним тенденціям.

Найбільш глибоке та систематичне висвітлення питань опису та дослідження теоретичних основ і сучасних напрямків розвитку діалогових систем навчання подано в роботах провідних наукових центрів, у наукових працях В.М. Глушкова, О.М. Довгялло, П.Л. Брусилівського, Б.С. Гершунського, О.В. Ібрагімова, Є.І. Машбіца, В.М. Попова, В.О. Петрушина, О.Я. Савельєва, Д. Андерсона, А. Барра, Б. Вулфа, Б. Рейзера, Д. Селфа, Д. Слімана та інших. У зазначених роботах розглянуті: типологізація сучасних діалогових систем навчання; основоположні концептуальні підходи та математичний апарат моделювання цих систем; психолого-педагогічні та ергономічні аспекти взаємодії людини, що навчається, з ЕОМ; принципи розробки сучасних комп'ютерних технологій навчання. Проте досить багато важливих методологічних питань не знайшли достатнього відбиття: задачі інформаційного обстеження та інформаційного моделювання діалогових систем навчання; питання створення моделей адаптації до людини, що навчається, як до користувача; моделі індивідуальних предметно-незалежних характеристик людини, що навчається; сучасні підходи до споживчої експертизи педагогічних програмних засобів. Не розглядалися проблеми застосування до опису та дослідження діалогових систем навчання методологічного апарату теорії нечітких множин, який активно та багатоплідно використовується на даний час для підвищення ефективності моделювання складних виробничих автоматизованих систем. Перелічені питання обумовлюють актуальність проблеми, що вирішується у дисертації, та визначають мету і задачі дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційні дослідження виконувались у відповідності до держ-

бюджетної науково-дослідної тематики Міністерства освіти України згідно з пріоритетним напрямком розвитку науки та техніки 07 - "Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації систем зв'язку" за загальнокафедральною темою науково-дослідної роботи "Вдосконалення комп'ютеризованих систем управління установами" на кафедрі ПЗ ЕОМ ХДТУ.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є подальше вдосконалення теоретичних та прикладних питань моделювання діалогових систем навчання на основі застосування елементів концептуального та математичного апарату теорії нечітких множин. У відповідності до чого у роботі розв'язані наступні основні задачі:

1. Розроблені елементи методологічного апарату проектування діалогових систем навчання з урахуванням їх специфіки як одного з класів нечітких систем.

2. Розроблений ряд методів моделювання, які базуються на використанні методологічного апарату теорії нечітких множин:

- методи ідентифікації моделей та прогнозування процесів взаємної адаптації людини, що навчається, та діалогової системи;

- метод оптимізації інформаційної підсистеми діалогової системи навчання;

- метод моделювання інформаційних потреб і запитів людини, що навчається, як користувача;

- метод моделювання споживчої експертизи комп'ютерних програм учбового призначення;

3. Розроблене застосування запропонованих нечітких моделей адаптації до ідентифікації індивідуальних предметно-незалежних характеристик взаємодії людини, що навчається, з ЕОМ.

Для розв'язання даних задач використані методи теорій прийняття рішень, нечітких множин, формалізації апріорної інформації, математичної статистики, мереж Петрі, когнітивної та інженерної психології.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблена низка математичних моделей, які доповнюють та розвивають методологічний апарат моделювання діалогових систем навчання на основі теорії нечітких множин: моделі проектування діалогових систем навчання як одного з класів нечітких систем та оптимізації їх інформаційних підсистем; моделі формування за умов нечіткої інформації системи інформаційних потреб та запитів людини, що навчається; нечіткі моделі адаптації людини, що навчається, як користувача; моделі споживчої експертизи педагогічних програмних засобів, що побудовані на застосуванні лінгвістичних змінних.

Практичне значення одержаних результатів. Дисертаційні дослідження виконані в межах загальних досліджень та розробок, що здійснюються з метою подальшого вдосконалення організації взаємодії людини з автоматизованою системою та вдосконалення системи інформатизації освіти. Результатом дисертаційної роботи є створення елементів методологічного апарату моделювання діалогових систем навчання на основі теорії нечітких множин і застосування їх для розробки більш ефективних комп'ютерних технологій навчання. Практична реалізація запропонованих методів і моделей дозволила суттєво (до 20-30 %) покращити сприйняття навчаючих текстів, поданих на екрані дисплею, підвищити ефективність використання функціональних можливостей обчислювальної техніки учбового призначення, знизити витрати машинного часу на підготовку студентів і підвищення кваліфікації фахівців.

Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи були застосовані під час виконання низки науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з метою розробки діалогових автоматизованих навчаючих систем та комп'ютерних технологій підготовки фахівців, що були реалізовані згідно з держбюджетними та госпдоговірними науково-дослідними темами (реєстраційні номери 31/92, 36/92, 39/92, 43/92, 98/93, 56/92, 19/94, 87/94, 56/95, 58/96, 71/96, 145/96 та інші) на базі факультету кібернетики Херсонського державного технічного університету, фізико-математичного факультету Херсонського державного педагогічного інституту, Херсонського суднобудівного заводу, підприємства "Херсоннафтапереробка", Київської інформаційної агенції "УНІАР", низки інших організацій та підприємств.

Результати дисертаційних досліджень апробовані та впроваджені в навчальний та виробничий процеси зазначених вище установ за період з 1987 по 1997 роки: під час проведення різних видів аудиторних та позааудиторних занять зі студентами, в процесі підвищення кваліфікації фахівців. Процесами впровадження було охоплено понад 800 осіб, що дозволило одержати репрезентативні підсумкові дані.

Особистий внесок здобувача. Усі положення, що виносяться на захист, належать особисто авторові та не містять у собі ідей або розробок, що належать співавторам, разом з якими були опубліковані наукові праці.

Апробація результатів дисертації. Основні питання дисертаційної роботи доповідалися на Загальносоюзній конференції "Комп'ютер у школі та педвузі", Одеса, 1989 р.; на II Міжрегіональ-

ному семінарі з об'єктно-орієнтованого програмування, Мінськ, 1992 р.; на II Міжрегіональному семінарі "Синтез структур автоматизованого керування у великомасштабних системах", Херсон, 1992 р.; на II Міжнародній конференції "Комп'ютерні програми учбового призначення", Донецьк, 1994 р.; на II Національній науковій конференції "Інформатика: теорія, технологія, техніка", Одеса, 1995 р.; на семінарі наукової ради НАН України з проблем "Кібернетика", "Прикладні проблеми інформатики", Херсон, 1991-1996 рр.

Публікації. За темою дисертації опубліковані 14 друкованих праць, а саме: 1 стаття у науковому журналі, 3 статті у збірниках наукових праць, 3 публікації у матеріалах наукових конференцій та семінарів, 7 тез доповідей.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів і висновку, які викладені на 150 сторінках, списку літературних джерел з 200 найменувань на 20 сторінках, трьох додатків на 30 сторінках. Робота проілюстрована 15 малюнками та 20 таблицями на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність, сформульовані мета та задачі дослідження, відбиті наукова новизна та практична цінність роботи, поданий перелік основних наукових результатів, що виносяться на захист.

У першому розділі - "Аналіз стану питання та постановка задач дослідження" - проведений аналіз актуальних задач інформатизації підготовки фахівців і стану методологічного апарату моделювання користувачів автоматизованих навчальних систем, сформульовані предмет та межі дослідження.

Відзначається, що прогресивні тенденції розвитку діалогових систем навчання обумовлюють необхідність пошуку ефективних підходів до моделювання тих складових частин діяльності їх користувачів, які описуються неповною чи неточною інформацією, є неадитивними, нестационарними або в певній мірі непередбаченими. У відповідності до чого аналізуються особливості традиційного формального апарату моделювання діалогових систем навчання, що побудований на основі теорій систем, абстрактних автоматів, автоматичного управління, масового обслуговування, імітаційного моделювання, інформації, алгоритмів, ігор, графів, імовірностей,

статистичних рішень. Досліджується специфіка моделювання в інтелектуальних навчаючих системах. У підсумку відзначається, що існуючі підходи не можуть забезпечити достатнього ступеня адекватності моделей реальній діяльності користувача сучасної діалогової системи навчання, оскільки в їх основу покладено низку припущень, які не завжди є справедливими: про аддитивність складових частин процесу психічної діяльності користувача, про послідовний характер його дій, про аналогію діяльності людини функціонуванню деякого приладу або механізму, про бажано високий рівень забезпеченості процесів навчання засобами обчислювальної техніки та інше. Виходячи з цього, обґрунтовується доцільність розробки нового методологічного підходу до опису діалогових систем навчання, який базується на теорії нечітких множин, та виділяються актуальні напрямки його реалізації: подальша розробка питань опису та дослідження людини, що навчається, як користувача; ефективне моделювання інформаційних об'єктів та процесів; вдосконалення моделей індивідуалізованої підготовки фахівців.

У другому розділі - "Моделювання діалогових систем навчання на основі теорії нечітких множин" - досліджений ряд загально-методологічних питань побудови моделей зазначених вище систем за умов недовизначеності інформації:

1. Розроблені концептуальні та математичні моделі проектування діалогових систем навчання як одного з класів нечітких систем. На основі проведеного аналізу задачу формалізації процесу проектування зазначених систем віднесено до класу багатокритеріальних задач прийняття рішень з суб'єктивними моделями в нечіткій ситуації. Виходячи з даного концептуального підходу, одержані наступні узагальнені математичні співвідношення:

а) для функції належності повної нечіткої цільової множини, що визначає вимоги власне до процесу проектування:

$$\mu^*(Z) = \sum(\mu_{\bar{T}}(Z), \mu_{\bar{G}_1}(Z), \sum_{t=1}^N (\mu_{\bar{R}(t)}(Z), \sum_{t=1}^N \mu_{\bar{G}_2(t)}(Z)))$$

де: $Z = (z_0, z_1, \dots, z_{N-1})$ - керуюча послідовність; Σ - позначення оператора агрегації; \bar{T} - нечітко обмежений завершальний момент дискретного часу проектування t ; \bar{G}_1 - нечітка цільова множина, яка характеризує вимоги до кінцевого стану системи, що проектується; $\bar{R}(t)$, $\bar{G}_2(t)$ - нечіткі обмеження на поточне керуюче значення та поточний стан системи;

б) для функції належності оптимізуючої нечіткої цільової множини \tilde{P}^o , що визначена над сукупністю припустимих альтернатив реалізації елементів системи P:

$$\mu_{\tilde{P}^o} = \sum_{r=1}^{K_1} \left(\eta_r^{(1)}(p) \mu_{\tilde{D}_r^{(1)}}(p) \right) \sum_{s=1}^{K_2} \left(\eta_s^{(2)}(p) \mu_{\tilde{D}_s^{(2)}}(p) \right) \quad (\forall p \in P)$$

де: $\eta_r^{(1)}$, $\eta_s^{(2)}$ - вагові коефіцієнти; $\tilde{D}_r^{(1)}$ - ділянка, що відповідає r-му оптимізуючому нечіткому обмеженню; $\tilde{D}_s^{(2)}$ - нечітка оптимізуюча множина для s-ої цільової функції; Σ - позначення оператору агрегації;

в) для функції належності s-го показника відповідності параметрів взаємопов'язаних різнорівневих вершин графової моделі системи, що проектується, та для загальної розв'язувальної функції:

$$\mu_{\tilde{M}_{u,v}^{(s)}} = \min(\mu_{\tilde{C}_{k,p}^{(s)}}, \mu_{\tilde{T}_u^{(s)}}, \mu_{\tilde{R}_v^{(s)}})$$

$$\varphi_{u,v} = \left(\sum_{s=1}^{E_1} \sum_{q=1}^{E_2} (1 - \beta_q^{\alpha_s} \theta_1) \right) \theta_2 \mid \beta_q = (\mu_{\tilde{M}_{u,v}^{(s)}})_{\alpha_s}$$

де: k, p - рівні вершин u та v, що досліджуються; $\tilde{T}_u^{(s)}$, $\tilde{R}_v^{(s)}$ - нечіткі множини, які визначають загальні вихідні та вхідні параметри відповідних вершин, що підпадають під s-е нечітке обмеження $\tilde{C}_{k,p}^{(s)}$ на сумісність рівней k та p; Σ - позначення оператору агрегації; E_1 - потужність множини залучених до розгляду параметрів; E_2 - кількість кроків дискретизації розмірної сітки; α_s - ступінь значущості s-ої цілі для прийняття рішення; θ_1 - константа, що дозволяє звільнитися від компенсаційних зв'язків; $\theta_2 = 1/\theta_1$.

Розроблений метод прогнозування складу та кількісних значень характеристик діалогової системи навчання, які вимагають означення до етапу її детального проектування. В основу методу покладене використання апріорних оцінок показників колективом авторитетних спеціалістів-експертів, що працюють у галузі проектування, виробництва та експлуатації аналогічних класів систем, з наступним застосуванням теорії формалізації апріорної інформації.

2. Розглянуті питання побудови моделей оптимізації інформаційної підсистеми діалогової системи навчання за умов нечіткої вхідної інформації, у відповідності до чого розв'язана задача підвищення ефективності інформаційного обслуговування користувачів. З цією метою впроваджене поняття інформаційного процесору, основними

функціями якого є відстеження стану інформаційних потреб і запитів користувачів та регулювання на цій основі розподілу та споживання інформаційних ресурсів. Досліджені питання оптимізації розташування заданої множини інформаційних процесорів ξ_1, \dots, ξ_N на семантичній мережі, що моделює предметну галузь зазначеної вище підсистеми, над деяким інформаційним простором L^m . В основу розв'язання даної задачі покладена нечітка модель вигляду: $\tilde{M} (L^m, K, V, \tilde{F}: K \rightarrow V)$. Розглянемо базові елементи даної моделі:

$K = \{ K_l \mid l = \overline{1, R} \}$ - множина взаємно неперетинаючихся ділянок метричного простору L^m , кожна з яких характеризується своєю моделлю інформаційного забезпечення I_l та необхідним рівнем інформаційного споживання γ_l .

Кожному інформаційному процесорові ξ_i ($i = \overline{1, N}$) поставлена у відповідність множина ділянок інформаційного обслуговування $S_i = \{ S_{ij} \mid j = \overline{1, T_i} \}$ та рівней інформаційного обслуговування ω_{ij} . Виходячи з чого, маємо множину $V = \{ V_{ij} \mid i = \overline{1, N}; j = \overline{1, T_i} \}$, де V_{ij} - позначення для сукупності інформації, яка характеризує ділянку S_{ij} .

Задля кількісного опису участі i -го процесору в інформаційному обслуговуванні зони перетину $R_l(i, j) = K_l \cap S_{ij}$ впроваджена функція належності вигляду $\mu_{\tilde{F}}(K_l, V_{ij}) = \varphi(R_l(i, j)) \circ g(R_l(i, j)) / \varphi(S_{ij})$, де: φ - функція, що повертає кількісну характеристику обсягу ділянки, зазначеної в якості аргументу; g - функція, що формує за наявною інформацією V_{ij} та моделлю I_l нечітку вагову оцінку зони перетину $R_l(i, j)$; "o" - позначення композиції функцій.

\tilde{F} - нечітке відбиття вигляду: $\tilde{F} : K \rightarrow V \mid \mu_{\tilde{F}} : K \times V \rightarrow [0; 1]$.

Узагальнений формалізований опис концептуальної моделі даної задачі одержаний у вигляді, який дозволяє застосувати для її подальшого розв'язання існуючі методи точного та наближеного пошуку розв'язків:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \psi_i^{(k)} u_i \rightarrow \min$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{T_i} (\mu_{\tilde{F}}(K_p, V_{ij}) \omega_{ij} - \sum_{t=1}^{Q_{ij}} (\alpha_t \times \sum_{\{r_t, p_t\}} (\mu_{\tilde{F}}(K_p, V_{ij}^*) \times$$

$$\times \sup_{\{r_t, p_t\}} (\{\omega_{r_t, p_t}\} \cup \{\omega_{ij}\}) \times \prod_{\{r_t\}} u_{r_t})) \times u_i \geq \gamma_i$$

де застосовані наступні позначення: $\psi^{(k)}$ - ресурсоемність забезпечення k -го етапу повного життєвого циклу інформаційного процесору ξ_i ; $u_i \in \{0,1\}$ - булева змінна, яка визначає доцільність залучення до розгляду i -го інформаційного процесору; V_{ij}^* - дублююча інформація, яка виникає за умови існування таких індексів r_i та p_i ($r_i \neq i$, $p_i \neq j$), що $R_i(i,j) \cap R_i(r_i, p_i) \neq \emptyset$, тобто відповідає множині вигляду $R_i^*(i,j) = R_i(i,j) \cap (r_i \cup p_i) R_i(r_i, p_i)$; Q_{ij} - кількість дублюючих зон перетину; α_i - числові вагові коефіцієнти; Σ та Π - сума та добуток, що обчислюються за зазначеними параметрами у відповідності до певних умов.

3. Розроблений метод моделювання інформаційних потреб та запитів (ІП, ІЗ) людини, що навчається, як користувача. Рівні забезпечення ІП та ІЗ формалізовані у вигляді інтегрованих показників, які визначаються за передбачуваними потребами щодо ефективності та якості інформаційного обслуговування користувачів та за дійсними можливостями їх реалізації, обумовленими станом параметрів, що характеризують підсистему інформаційного обслуговування діалогової системи навчання. Розв'язана задача оптимізації системи зазначених показників та параметрів за умов нечіткості вхідних обмежень на їх значення. Вхідними даними щодо сформульованої задачі є:

$$S^* = \left\{ (e_{i,j(i)}; \varphi_{i,j(i)}) \mid (i = \overline{N,0}) \ \& \ (j(i) = \overline{1, \overline{M}_i}) \ \& \ (\forall (r = \overline{N-1,0}; j(r)) \right. \\ \left. \exists (\varphi_{r,j(r)}, p = r + 1, \{k(p)\} \subset \{j(p)\}) : (e_{r,j(r)} = \varphi_{r,j(r)} (\{e_{p,k(p)}\})) \right\}$$

- ієрархічна система функціонально взаємопов'язаних параметрів підсистеми інформаційного обслуговування $e_{i,j(i)}$, що однозначно ідентифікуються номером рівня графової моделі i , розташуванням на цьому рівні $j(i)$ та інтегруючими функціональними залежностями $\varphi_{i,j(i)}$

$\Psi = \{ \psi_s \mid u_s = \psi_s(\{e_{0,j(0)}^{(s)}\}) \}$ - сукупність функціональних залежностей показників ефективності забезпечення ІП та ІЗ користувачів u_s від деякої підмножини $\{e_{0,j(0)}^{(s)}\} \subset \{e_{0,j(0)}\}$. $\tilde{E} = \{\tilde{E}_{N,j(N)}\}$, $\tilde{U} = \{\tilde{U}_s\}$ - сукупності нечітких множин, які характеризують наявність невизначеності у можливостях одержання тих чи інших припустимих значень базових параметрів $e_{N,j(N)}$ та у вимогах до показників u_s .

Базовим елементом математичної моделі задачі, що розв'язується, є локальна цільова функція вигляду:

$$G_s(\{e_{N,j(N)}\}) = \min (\mu_{\tilde{U}_s}, \mu_{\tilde{W}_s}) \rightarrow \max$$

з деяким оптимальним значенням θ_s , де:

$$\mu_{\tilde{W}_s} = \sup_{A^{(s)}} \inf_{j(0)} \{ \mu_{\tilde{E}_{0,j(0)}^{(s)}} \mid A^{(s)} = \{ e_{0,j(0)}^{(s)} \mid u_s = \psi_s(\{ e_{0,j(0)}^{(s)} \}) \}$$

У свою чергу, $\mu_{\tilde{E}_{0,j(0)}^{(s)}}$ знаходимо в результаті послідовної інтеграції параметрів нижчих рівней, починаючи з рівня N:

$$\mu_{\tilde{E}_{r,j(r)}^{(s)}} = \sup_{B^{(s)}} \inf_{j(r)} \{ \mu_{\tilde{E}_{r+1,k(r+1)}^{(s)}} \} \mid B^{(s)} = \{ e_{r+1,k(r+1)}^{(s)} \mid e_{r,j(r)}^{(s)} = \varphi(\{ e_{r+1,k(r+1)}^{(s)} \}) \}$$

У відповідності до чого, у підсумку маємо:

$$e_{N,j(N)}^{\text{optim}} = \sup_q \{ \alpha_q (\mu_{\tilde{E}_{N,j(N)}} \geq \theta_\Sigma) \mid \theta_\Sigma = \inf_s \{ \theta_s \}$$

де: $\{ \alpha_q \}$ - множина розв'язків зазначеної нерівності; u_s^{optim} обчислюється за одержаними вище значеннями $e_{N,j(N)}^{\text{optim}}$ шляхом послідовної інтеграції параметрів $e_{p,j(p)}^{\text{optim}}$ ($p = N, N-1, \dots, 1$).

У третьому розділі - "Моделювання взаємної адаптації людини, що навчається, та діалогової системи на основі теорії нечітких множин" - розглянута низка актуальних питань побудови моделей адаптації до людини, що навчається, як до користувача:

1. Запропонований метод ідентифікації моделей взаємної адаптації людини, що навчається, та діалогової системи, в основу якого покладений нечіткий алгоритм із загальним γ -м правилом вигляду:

$$\{ (u_i, \tilde{C}_{A_i}^{(r)}) \} \rightarrow (V^{(r)} = M^{(r)}(U); \beta^{(r)} = \prod_i \mu_{\tilde{C}_{A_i}^{(r)}}(u_i))$$

Розглянемо його основні компоненти:

$U = \{ u_i \mid i = \overline{1, K} \}$ - вектор вхідних числових параметрів, що є складовими частинами профілю людини, що навчається, як користувача;

$\tilde{C}_{A_i}^{(r)}$ - нечіткі змінні, значеннями яких є елементи терм-множин $T(A_i)$ лінгвістичних змінних A_i та щодо яких сукупність елементів $\{ \tilde{C}_{A_i}^{(r)} \mid r = \text{const}; i = \overline{1, K} \}$ ідентифікує γ -й нечіткий клас тих осіб, що навчаються, як користувачів (ці компоненти визначаються у відповідності до специфіки конкретної предметної галузі);

μ_i - позначає встановлення нечіткої відповідності між u_i та $\tilde{C}_{A_i}^{(r)}$, що здійснюється за допомогою функцій належності μ_i ;

$M^{(r)}$ - модель адаптації, що відповідає γ -ому нечіткому класу тих осіб, що навчаються, як користувачів, $V^{(r)}$ - набір вихідних параметрів цієї моделі, $\beta^{(r)}$ - нечітке вагове значення γ -тої моделі адаптації щодо деякого конкретного набору вхідних даних;

N - кількість правил нечіткого алгоритму, що визначається за комбінаторними законами у відповідності до кількості початкових параметрів K , потужностей множин $T (A_j)$ та обмежень на припустимість наявних комбінацій $(\tilde{C}_{A_1}^{(r)}, \dots, \tilde{C}_{A_k}^{(r)})$.

Виходячи з впроваджених позначень, кінцевий результат одержуємо у вигляді: $V^* = f(V^{(r)}, \beta^{(r)})$ (f - деяка функція агрегації, вибір якої залежить від особливостей конкретної предметної галузі). Так, найчастіше маємо (за умов, що Σ - позначення порогової суми):

$$V^* = \sum_{\Gamma} \beta^{(r)} V^{(r)} / \sum_{\Gamma} V^{(r)}$$

2. Побудований метод прогнозування процесів взаємної адаптації людини, що навчається, та діалогової системи. Згідно з даним методом, для більш детального дослідження зазначених процесів адаптації, пропонується моделювати їх за допомогою системи наступного вигляду:

$$S(\beta, W) = (V, M^*, \tilde{M}^{\circ}, \tilde{F})$$

Охарактеризуємо основні елементи даної моделі:

$V = \{v_1, \dots, v_N\}$ - кінцева множина визначених над деяким метричним простором W класів середовищ взаємодії людини, що навчається, з ЕОМ, щодо яких досліджуються стан і тенденції розвитку процесів адаптації у відповідності до змінення деякого дискретного параметру $\beta_k \in [\beta_0; \beta_M = \beta_0 + M \times \Delta\beta]$.

M^* - множина локальних моделей вигляду $m^*(\beta_k, v_i)$ ($k = \overline{0, M}; i = \overline{1, N}$), які характеризують поточний рівень адаптації щодо фіксованих β_k та v_i ; $M_{\beta_k}^*(V) = \{m^*(\beta_k, v_i) \mid k = \text{const}; i = \overline{1, N}\}$.

\tilde{M}° - сукупність нечітких моделей вигляду:

$$\tilde{m}_{\Gamma}^{\circ}(\beta_k, v_i) = (m^*(\beta_k, v_i), \mu_{ik}^{(r)}) \mid (\mu_{ik}^{(r)}: m^*(\beta_k, v_i) \rightarrow [0; 1])$$

кожна з яких характеризує динаміку (тенденції розвитку) деякого r -го процесу адаптації людини, що навчається, та діалогової системи ($r = \overline{1, S}$), що досліджується для фіксованих значень β_k та v_i .

$$\begin{aligned} \tilde{F} = \{ & \tilde{F}_{ij} : v_i \rightarrow v_j \mid (m^*(\beta_k, v_i), \{\tilde{m}_{\Gamma}^{\circ}(\beta_k, v_i)\}) \rightarrow \\ & \rightarrow (m^*(\beta_{k+1}, v_j), \{\tilde{m}_{\Gamma}^{\circ}(\beta_{k+1}, v_j)\}) \} \end{aligned}$$

- відбиття, що розкривають особливості взаємовпливу процесів адаптації у зазначених класах середовищ v_i та v_j (\tilde{F} визначене на множині усіх можливих пар (i, j)).

Виходячи з впроваджених припущень та позначень, основна задача

моделювання буде полягати у наступному: при визначеному стані елементів типу $M_{\beta_k}^*(V)$ та множин вигляду $\{\tilde{m}_r^\circ(\beta_k, v_i) \mid r = \overline{1, S}; i = \overline{1, N}\}$, що ідентифіковані для деякої послідовності $k = \overline{0, R}$ ($R < M$), та спираючись на модель $S(\beta, W)$, необхідно визначити прогноз станів типу $m^*(\beta_{R+1}, v_i)$ та тенденції розвитку процесів адаптації $\{\tilde{m}_r^\circ(\beta_{R+1}, v_i)\}$ щодо деякого фіксованого значення параметру $i = \rho$ та у відповідності до певного ступеня впевненості α .

Розглянемо ключові моменти формалізації розв'язання сформульованої вище задачі, що становить задачу покорокового прийняття рішень з суб'єктивними моделями.

На основі вхідних даних моделі $S(\beta, W)$ - результатів обстежень, що виконуються у відповідності до послідовності $k = 0, \dots, R$ - та на основі підсумків їх обробки ОПП (особою, що приймає рішення), яка характеризує процеси, що досліджуються, за допомогою певної системи лінгвістичних термів, здійснюється ідентифікація необхідних складових частин моделей M^* , \tilde{M}° , \tilde{F} та моделі $S(\beta, W)$ в цілому щодо $k = R$.

Формується нечітке відбиття $\tilde{m}_r^\circ(\beta_{R+1}, v_\rho) = \tilde{m}_r^\circ(\beta_R, v_\rho) \circ \tilde{M}^{11}(\alpha, R)$

де $\tilde{M}^{11}(\alpha, R)$ - матриця нечітких відношень між вхідними та вихідними елементами моделей $\tilde{F}_{1\rho}: v_i \rightarrow v_\rho$;

З розглянутого вище рівняння одержуються дискретні значення функцій належності множин $\tilde{m}^\circ(\beta_{R+1}, v_\rho)$ та визначається найбільш імовірний стан системи $S(\beta, W)$ щодо v_ρ та $k = R+1$.

Ідентифікація нечіткого відбиття $\tilde{M}^{11}(\alpha, R)$ здійснюється виходячи з наведеного вище рівняння та системи співвідношень наступного вигляду (за умов, що \times - позначення операції обмеженого добутку):

$$\begin{aligned} & (\tilde{m}_r^\circ(\beta_R, v_i) \cap \tilde{m}_r^\circ(\beta_R, v_l)) \circ \tilde{M}^{11}(\alpha, R) \subseteq (\tilde{m}_r^\circ(\beta_{R+1}, v_j) \cap \\ & \cap \tilde{m}_r^\circ(\beta_{R+1}, v_m)) \mid (\exists \tilde{F}_{ij}: v_i \rightarrow v_j, \tilde{F}_{lm}: v_l \rightarrow v_m) \quad \& \\ & \& (\tilde{M}^{11}(\alpha, R) = \bigcap_{\{i, j\}} (\tilde{m}_r^\circ(\beta_R, v_i) \times \tilde{m}_r^\circ(\beta_R, v_j))) \end{aligned}$$

Для ідентифікації функцій належності множин $\tilde{m}^\circ(\beta_{R+1}, v_\rho)$ пропонується застосовувати рівняння вигляду:

$$\mu_{\rho, R+1}^{(r)}(d_p) = \vee_q (\& (\mu_{\rho, R}^{(r)}(c_q), \tilde{M}_{c_q, d_p}^{11}(\alpha, R)))$$

де: $c_q \in \tilde{B}_1$, $d_p \in \tilde{B}_2$ - елементи вхідних та вихідних множин моделей \tilde{F} , які досліджуються щодо можливих дискретних станів елементів $m^*(\beta_k, v_i)$.

З метою уникнення логічних протиріч у визначеній вище системі імплікацій $\tilde{F}_{ij} : v_i \rightarrow v_j$ впроваджується проміжна величина вигляду:

$$\gamma(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2) = \sup_z \min(\mu_{\tilde{B}_1}^{(r)}, \mu_{\tilde{B}_2}^{(r)}) \mid z = m^*(\beta_k, v_i) \in M_{\beta_k}^*(V)$$

та відбиття, яке характеризує критерій оптимальності розв'язку:

$$\Theta_\alpha : (M_{\beta_k}^*(V), \mu_{\tilde{B}_1}^{(r)}, \mu_{\tilde{B}_2}^{(r)}) \rightarrow \{m^*(\beta_k, v_i) \subset M_{\beta_k}^* \mid$$

$$(\gamma(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2) > \alpha) \& (\alpha \in [0; 1])\}$$

Модель обчислення функцій належності, які характеризують динаміку процесів адаптації в системі $S(\beta, W)$ щодо $k = R$, розглядається у вигляді сукупності елементів $H = (Z, L, O, G, Q)$, де: Z, L - потужність множин дискретних станів системи та лінгвістичних термів; O - сукупність найменувань лінгвістичних термів; G, Q - матриці, що характеризують імовірнісні компоненти змінення характеру процесів адаптації. Для розв'язання даної задачі необхідно ідентифікувати значення елементів матриць G та Q , що здійснюється шляхом впровадження до розгляду навчаючої послідовності.

3. Розроблене застосування запропонованого вище методу ідентифікації нечітких моделей адаптації до індивідуально-типологічних особливостей та індивідуальних характеристик діяльності людини, що навчається, як кінцевого користувача. Щодо цього розв'язані наступні основні задачі:

Обґрунтовані визначальні вимоги до формування базової системи зазначених вище характеристик, у відповідності до чого побудована початкова типологізація осіб, що навчаються, як користувачів (рис. 1).

Загальне правило нечіткого алгоритму, яке відбиває специфіку задачі, що досліджується, одержане у вигляді:

$$\{(u_t, \tilde{C}_{A_t}^{(r)})\} \rightarrow v^{(r)} = P^{(r)}(\{(u_t, a_t^{(r)})\}) \mid r = \overline{1, 36}; t = \overline{1, 4}$$

де: $u_t, \tilde{C}_{A_t}^{(r)}$ - вхідні параметри та відповідні їм нечіткі множини; $P^{(r)}$ - лінійний поліном з корегуючими коефіцієнтами $a_t^{(r)}$; A_t - лінгвістичні змінні, які зображають наступні відомості щодо людини, що навчається, як користувача: A_1 - індивідуальні особові характеристики, що впливають на взаємодію людини, що навчається, з ЕОМ; A_2 - індивідуальний рівень мотивації до виконання учбової діяльності із застосуванням ЕОМ на поточному занятті; A_3 - індивідуальний рівень поточної теоретичної та практичної підготовки до взаємодії з ЕОМ; A_4 - індивідуальний рівень успішності відповідної діяльності на попередніх

заняттях. У відповідності до чого одержані необхідні функції належності та вагові коефіцієнти. Запропонований вище нечіткий алгоритм покладений в основу узагальненої математичної моделі формування персоналізованих комп'ютерних технологій навчання, формалізованої на основі математичного апарату мереж Петрі.



$$(\alpha_1 \& \beta_1 \& \gamma_1) \rightarrow m_1$$

$$((\alpha_1 \vee \alpha_2) \& \beta_2 \& (\gamma_1 \vee \gamma_2)) \rightarrow m_2$$

$$((\alpha_2 \vee \alpha_3) \& \beta_3 \& \gamma_3) \rightarrow m_3$$

Рис. 1. Схема початкової класифікації осіб, що навчаються, у відповідності до обраної базової системи їх індивідуально-типологічних особливостей як користувачів (α_1 - типи динамічних особливостей нервової системи, β_1 - типи інтелектуальної активності, γ_1 - рівні виконання розумових операцій).

У четвертому розділі - "Використання теоретичного апарату в процесі здійснення наукового експерименту" - викладені методи організації, математичний апарат та аналіз підсумків наукового дослідження, мета якого полягала в апробації формалізованих результатів, що одержані у другому та третьому розділах дисертації.

Розглянуті питання створення ефективних методів і моделей експертизи споживчих властивостей комп'ютерних програм учбового призначення, що виконується за активною участю кінцевого користувача. Обґрунтована доцільність та визначені шляхи вдосконалення методів оцінки для показників, які характеризують зазначені властивості, на основі теорії нечітких множин. Виходячи з проведеного аналізу, запропонований наступний вигляд узагальненого формалізованого опису s-го часного та k-го інтегрованого показників:

$$d_s(\beta) = \sum_i \mu_s^m(x_i) x_i / \sum_i \mu_s^m(x_i); \quad d_\Sigma^{(k)}(\beta) = \sum_i \mu_\Sigma^{(k)}(x_i) x_i / \sum_i \mu_\Sigma^{(k)}(x_i)$$

а також докладно обґрунтовані вимоги до формування базових елементів цієї моделі: лінгвістичної змінної β з найменуванням "часний показник"; функцій належності, що модифікуються, μ_s^{mj} та інтегрованих функцій належності $\mu_\Sigma^{(k)}$. Згідно з розробленим методом, розмірність N вектору часних показників не є фіксованою і може бути модифікована у відповідності до вимог користувача. А в процесі побудови підсумкових μ_Σ та D_Σ , задля одержання повнішої оцінювальної інформації, розглядається декілька взаємопов'язаних моделей інтеграції часних показників.

Відзначається, що у підсумку проведення наукового експерименту одержані репрезентативні результати, які свідчать про стійке підвищення ефективності учбового процесу при застосуванні діалогових систем навчання, що моделюються з використанням запропонованих методів на базі теорії нечітких множин. А саме: середня успішність підвищилася з 3.5 до 4.0 бала; коефіцієнти систематичності та продуктивності роботи осіб, що навчаються, на заняттях збільшилися відповідно з 0.3 до 0.75 та з 0.42 до 0.86. Ефективність застосування запропонованих підходів також проілюстрована діаграмою на рис. 2.

Результати докладного аналізу поданих на цій діаграмі інтегрованих показників 1 – 3 свідчать також про значне підвищення ефективності залучених до запропонованої технології підготовки фахівців некомп'ютеризованих форм навчання.

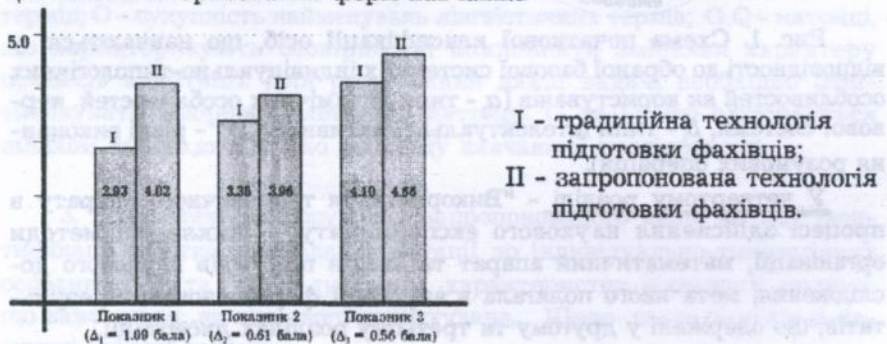


Рис. 2. Діаграма ефективності застосування діалогових систем навчання, що моделюються на основі теорії нечітких множин: "Показник 1" – середня оцінка з аудиторних занять; "Показник 2" – середня екзаменаційна оцінка; "Показник 3" – середня оцінка за індивідуальні позааудиторні завдання.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз особливостей сучасних діалогових систем навчання та стану робіт у галузі моделювання даних систем, внаслідок чого обґрунтована доцільність і визначені напрямки подальшого розвитку методів моделювання діалогових систем навчання на основі методологічного апарату теорії нечітких множин.

2. Одержані концептуальні та математичні моделі процесу проектування діалогової системи навчання як одного з класів нечітких систем, що формалізовані в термінах багатокритеріальних задач прийняття рішень із суб'єктивними моделями в нечіткій ситуації. Запропоновані підходи дозволяють більш адекватно відбити такі фактори, як: невпинне підвищення складності зазначених систем; зростання кількості

факторів впливу навколишнього середовища; активна участь у процесах проектування користувачів; використання в процесі проектування різнотипових і суперечливих критеріїв; інтенсивне застосування досвіду розробки подібних класів систем.

3. Розроблений метод оптимізації інформаційної підсистеми діалогової системи навчання за умов використання нечіткої інформації, який дозволяє значно підвищити ефективність інформаційного обслуговування користувачів.

4. Запропонований метод моделювання інформаційних потреб та запитів людини, що навчається, як користувача, що враховує нечіткі складові частини формування оптимальних значень цих характеристик.

5. Розроблені методи моделювання адаптації до людини, що навчається, як до кінцевого користувача діалогової системи, які базуються на концептуальній моделі профілю користувача і математичному апараті нечітких множин. У відповідності до чого запропоновані: загальний вигляд нечіткого алгоритму, що підтримує процес формування індивідуальної моделі адаптації користувача; нечіткі моделі прогнозування стану та тенденцій розвитку процесів адаптації у системі.

6. Розроблений метод моделювання споживчої експертизи комп'ютерних програм учбового призначення, який дозволяє підвищити ефективність роботи з динамічними системами характеристик, що містять різнотипові та нестандартні показники, за рахунок їх опису та обробки на основі лінгвістичних змінних.

7. Розроблене застосування запропонованих методів моделювання адаптації до індивідуально-типологічних особливостей діяльності людини, що навчається, як користувача діалогової системи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Веселовская Г.В. Совершенствование информационных технологий подготовки специалистов // Вестник Херсонского государственного технического университета.- 1997.- № 1.- С. 212-214.

2. Веселовская Г.В. Некоторые вопросы обучения конечных пользователей персональных ЭВМ // Программные и аппаратные средства вычислительной техники и автоматизированных систем: Сб. науч. тр.- Николаев: НКИ, 1992.- 95с.- С. 3-6.

3. Борисов Р.И., Веселовский В.М., Веселовская Г.В. Об использовании персональных ЭВМ при выполнении лабораторных и курсовых работ по курсам кафедры электротехники // Ресурсосберегающие технологии: Сб. науч. тр.- К.: ИСИО, 1993.- 152 с.- С. 143-145.

4. Веселовская Г.В., Спиваковский А.В. О компьютерной технологии обучения в рамках деятельностного подхода // Компьютер в школе и педагогический журнал: Сб. науч. тр.-Новосибирск-Одесса: Полиграф, 1990.- ч. I-165 с.-С. 71-74.

5. Веселовская Г.В. Актуальные задачи индивидуализации подготовки специалистов // Матеріали доп. II Націон. конф. "Інформатика: теорія, технологія, техніка" (ПТТТ-95). - Одеса: ОІСВ.- 1995.- С. 71-72.

6. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Веселовский В.М. Моделирование адаптации в диалоговых обучающих системах // Матеріали доп. II Націон. конф. "Інформатика: теорія, технологія, техніка" (ПТТТ-95). - Одеса: ОІСВ.- 1995.- С. 72-73.

7. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Симоненко Д.Е. Некоторые вопросы разработки гибких инструментальных средств для создания обучающих систем, ориентированных на конечного пользователя // Матеріали II Межрегион. сем. "Объектно-ориентированное программирование".- Минск: НИФ "SCI".- 1992.- С. 45-46.

8. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Веселовский В.М. К вопросу о моделях пользовательской экспертизы компьютерных программ учебного назначения // Тез. докл. II Междунар. конф. "Компьютерные программы учебного назначения".- Донецк: ДонГУ.- 1994.- С. 9.

9. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Веселовский В.М. Некоторые подходы к моделированию диалога обучаемого с ЭВМ // Тез. докл. II Междунар. конф. "Компьютерные программы учебного назначения".- Донецк: ДонГУ.- 1994.- С. 11.

10. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В. Адаптация конечных пользователей АРМ // Тез. докл. II Межрегион. сем. "Синтез структур автоматизированного управления в крупномасштабных системах".- Херсон: ХИИ.- 1992.- С. 70-73.

11. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Мороз В.Т. Изучение характеристик конечных пользователей для целей создания АРМ и ИАСУ // Тез. докл. II Межрегион. сем. "Синтез структур автоматизированного управления в крупномасштабных системах".- Херсон: ХИИ.- 1992.- С. 74-76.

12. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Веселовский В.М., Симоненко Д.Е. Методологические вопросы обучения конечных пользователей // Тез. докл. II Межрегион. сем. "Синтез структур автоматизированного управления в крупномасштабных системах".- Херсон: ХИИ.- 1992.- С. 81-83.

13. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г., Веселовская Г.В., Дидык А.А. Разработка учебной программной системы по бухгалтерскому учету // Тез. докл. Межрегион. конф. "Развитие экономической науки в Украине и преподавание экономических дисциплин".- Херсон: ХИИ.- 1996.- С. 26-28.

14. Ходаков В.Е., Веселовская Г.В., Веселовский В.М. Совершенствование компьютерных технологий подготовки специалистов // Тез. докл. конф. препод. и сотруду. ХИИ "Научно-технический прогресс в переходный период развития Украины".- Херсон: ХИИ.- 1995.- С. 16.

АНОТАЦІЯ

Веселовська Г.В. Моделі діалогових систем навчання на основі теорії нечітких множин.- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 - автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології.- Херсонський державний технічний університет, Херсон, 1997.

Запропонована концепція вдосконалення комп'ютерних інформаційних технологій підготовки фахівців на основі діалогових систем навчання, що моделюються з використанням теорії нечітких множин. Розроблений формальний апарат проектування діалогових систем навчання як одного з класів нечітких систем. Поданий метод оптимізації інформаційної підсистеми діалогової системи навчання. Запропонований метод моделювання інформаційних потреб і запитів людини, що навчається, як користувача. Формалізовані підходи до моделювання взаємної адаптації людини, що навчається, та діалогової системи. Створені метод та моделі споживчої експертизи комп'ютерних програм учбового призначення.

Ключові слова: інформаційна технологія, діалогова система, навчання, користувач, адаптація, інформаційна потреба, формальний апарат, теорія нечітких множин.

АННОТАЦИЯ

Веселовская Г.В. Модели диалоговых систем обучения на основе теории нечетких множеств.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии.- Херсонский государственный технический университет, Херсон, 1997.

Предложена концепция совершенствования компьютерных информационных технологий подготовки специалистов на основе диалоговых систем обучения, моделируемых с использованием теории нечетких множеств. Разработан формальный аппарат проектирования диалоговых систем обучения как одного из классов нечетких систем. Представлен метод оптимизации информационной подсистемы диалоговой системы обучения. Предложен метод моделирования информационных потребностей и запросов обучаемого как пользователя. Формализованы подходы к моделированию взаимной адаптации обучаемого и диалоговой системы. Созданы метод и модели пользовательской экспертизы компьютерных программ учебного назначения.

Ключевые слова: информационная технология, диалоговая система, обучение, пользователь, адаптация, информационная потребность, формальный аппарат, теория нечетких множеств.

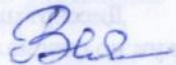
SUMMARY

Veselovskaya G.V. Models of the interactive tutoring systems, based on the fuzzy sets theory.- Manuscript.

Thesis for the scientific degree of the candidate of technical sciences by speciality 05.13.06 - automated control systems and progressive informative technologies.- Kherson State Technical University, Kherson, Ukraine, 1997.

The concept on development of computer informative technologies for specialists preparing on the base of the interactive tutoring systems, which is modelling with the use of the fuzzy sets theory, is offered. Formal apparatus for projection of the interactive tutoring systems which is considering as one class of fuzzy systems is developed. The method of optimisation for informative subsystem of interactive tutoring system is represented. The method of modelling for the informative needs and requests of the students which is considering as users is offered. The approaches to the modelling of mutual adaptation of the pupils and interactive system is formalised. The method and models on user's examination for computer teaching programs is found.

Key words: informative technology, interactive system, tutoring, user, adaptation, informative need, formal apparatus, fuzzy sets theory.



Відповідальний за випуск Ф.Б. Рогальський

Підписано до друку 01.06.1997 Зам. № 321.

Формат 60×90/16. Папір друкарський.

Умовн. друк. аркушів 1,00. Тираж 100

Віддруковано в Поліграфічному центрі
Консультаційного центру з реорганізації
підприємств АПК.

Адреса: м. Херсон, вул. Маяковського 6, к. 414

* * * * *

Оригінал-макет виконаний в ВАТ "Херсон-Діпромісто"
325000, м. Херсон, б. Мирний 3

434677

AB 38.536