

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ЖУЛІАНОВА Марія Олександрівна



РОЗРОБКА МЕТОДУ ТА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ
РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Спеціальність 05.13.02 – математичне моделювання в наукових
дослідженнях

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 1995

001:54



00761458 (V)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі автоматизованих систем управління Вінницького державного технічного університету.

Науковий керівник :

доктор технічних наук, професор Ротштейн О.П.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Карповський Ю.Я.
кандидат педагогічних наук, доцент Хаїмзон І.Й.

Провідна установа : Інститут кібернетики НАН України ім. В.М.Глушкова, м.Київ

Захист відбудеться " 12 " 11 1995 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 10.01.03 у Вінницькому державному технічному університеті за адресою: 286021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. ВДТУ ГУК.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Вінницького державного технічного університету.

Автореферат розісланий " 16 " 10 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

Колодний В.В.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи: Медична діагностика, тобто процес розпізнавання типу захворювання - один з найбільш складних та інтелектуальних видів лікарської діяльності. Це обумовлено наявністю великої кількості різномірних параметрів хворого, які впливають на діагноз, і відсутністю аналітичних залежностей, що пов'язують значення цих параметрів з типом діагнозу.

Для розв'язку задач медичної діагностики найбільшого поширення набули математичні методи, засновані на баєсовському підході, теорії планування експерименту, розпізнаванні образів та логічному програмуванню. Головні труднощі застосування цих методів в процесі створіння та практичного використання автоматизованих систем медичної діагностики пов'язані з необхідністю збору великих масивів експериментальної інформації, складністю її статистичної обробки і інтерпретації у термінах прийняття рішення про конкретний діагноз. Крім того, відомі методи не дозволяють описувати причинно - наслідкові зв'язки між параметрами стану хворого та його діагнозом природньою мовою, моделюючи логіку міркувань лікаря-діагноста з використанням нечислової (нечіткої) інформації про такі параметри як маса, температура, артеріальний тиск, вміст холестерину і т.і.

Точна математична формалізація природньомовних висловлювань, якими користуються лікарі під час прийняття діагностичних рішень, може здійснюватися в межах теорії нечітких множин. Але методологія використання цієї теорії для медичного діагностування розроблена недостатньо.

Об'єктом дослідження в роботі є системи "лікар-хворий" з відомими множинами діагнозів і параметрів стану хворого.

Предметом дослідження є задачі медичної діагностики, математичні моделі, що пов'язують діагноз хворого з параметрами його стану, алгоритми автоматизованого прийняття рішень про діагноз з кількісними та якісними параметрами стану хворого.

Метою роботи є створення методу та автоматизованої експертної системи для розв'язку задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки. Цей метод повинен об'єднувати математичні моделі, алгоритми та програмне забезпечення для діагностики хворого із заданими значеннями параметрів його стану. Програма досліджень складалась так, щоб:

-проаналізувати головні напрямки застосування математичних методів в медичній діагностиці, оцінити їх недоліки, сформулювати принципи медичної діагностики на базі теорії нечітких множин (глава 1);

-розробити математичні моделі і алгоритми, які формалізують процес прийняття діагностичних рішень на базі нечіткої логіки з кількісними та якісними параметрами стану хворого (глава 2);

-розробити математичні моделі функцій належності, які формалізують кількісні і якісні параметри стану хворого у вигляді нечітких множин в моделях та алгоритмах діагностики (глава 3);

-застосувати розроблені моделі та алгоритми для розв'язку задачі диференційної діагностики ішемічної хвороби серця, розробити оболонку нечіткої експертної системи для автоматизації діагностичних процедур (глава 4);

Методи досліджень базуються на ідеях та принципах штучного інтелекту та інженерії знань, плануванню експерименту, теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних, комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна розробленого методу полягає в тому, що на відміну від традиційних методів медичного діагностування, які базуються на засобах теорії ймовірностей, математичної статистики та бінарної логіки, запропонований метод опирається на теорію нечітких множин, що дозволяє описувати причинно-наслідкові зв'язки між діагнозом хворого і параметрами його стану природною мовою, звільнюючи дослідника від процедур збирання і обробки великих масивів експериментальних даних.

Розроблений метод базується на таких наукових результатах, які виносяться на захист:

1. Принципи медичної діагностики на основі нечіткої логіки. Суть результату полягає в тому, що діагноз хворого і параметри його стану розглядаються як лінгвістичні змінні, а причинно-наслідкові зв'язки "параметри стану - діагноз" зображуються у вигляді спеціально введених і ієрархічно вкладених одна в одну експертних матриць знань, елементами яких є нечіткі терм-множини.

Новизна результату полягає в тому, що вперше введена і визначена нечітка матриця знань, яка є носієм експертної

інформації, необхідної для побудови моделей та алгоритмів діагностування.

2. Математична модель та алгоритм медичної діагностики з кількісними параметрами стану хворого. Суть результату полягає в переході від експертних матриць знань до нечітких логічних рівнянь, які пов'язують функції належностей діагнозів і параметрів стану, що дозволяє для конкретного хворого вибрати діагноз з найбільшим ступенем належності.

Новизна результату полягає в узагальненні відомих в нечіткій логіці операцій \min і \max на всю матрицю знань, що дозволяє приймати рішення про діагноз при будь-якому числі кількісних параметрів стану хворого.

3. Математична модель та алгоритм медичної діагностики з якісними параметрами стану хворого. Суть результату полягає в переході від експертних матриць знань до спеціально одержаної формули, яка дозволяє знайти вихідну нечітку множину-діагноз з інтерпретацією останньої в термінах одного з можливих діагнозів по мінімуму нечіткої відстані по Хеммінгу.

Новизна результату полягає в узагальненні відомого композиційного правила висновку на всю матрицю знань, що дозволяє врахувати будь-які кількості параметрів стану хворого та історій хвороб.

4. Математична модель функцій належності параметрів стану хворого. Суть результату полягає в побудові спеціального генератора функцій належності терм-множин для діагностичних параметрів на базі такої інформації: діапазон зміни параметра, кількість лінгвістичних термів, назва кожного терму.

Новизна результату обумовлена трикутною апроксимацією функцій належності, яка дозволяє адаптувати ці функції шляхом підбору лише одного параметру стиснення-розтягнення.

5. Оболонка нечіткої експертної системи для рішення задач медичної діагностики. Суть результату полягає в створенні на підставі запропонованих моделей та алгоритмів спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє будувати експертні діагностичні системи, включаючи формування нечітких баз знань та прийняття рішень про діагноз.

Новизна результату полягає в тому, що на відміну від наявних оболонок експертних діагностичних систем, більшість

із яких реалізовані на логічному програмуванні, запропонована оболонка базується на розроблених в дисертації моделях нечіткої логіки, що дозволяє суттєво зменшити об'єм необхідної бази знань.

Результати впровадження: Дисертація виконувалась в межах д/б теми 46-Д-104 "Розробка моделей та алгоритмів прийняття рішень на базі нечіткої логіки". Результати роботи впроваджено: 1) в Вінницькому державному медичному університеті в експертних системах для: а) диференційної діагностики ішемічної хвороби серця; б) прогнозування небезпеки кровотеч під час пологів; в) прогнозування здоров'я підлітків; 2) на підприємстві "Аввакс" в експертній системі для прогнозування якості діяльності людини-оператора на основі психофізичних показників; 3) в Вінницькому державному технічному університеті в д/б темі 67-Д-74 під час розробки "Способу оцінки стану серцево-судинної системи" (заявка на видачу патенту України, №94097072 від 27.09.94), в навчальному процесі кафедри АСУ.

Апробація роботи: Основні положення дисертаційної роботи доповідались і були представлені на Науково-технічній конференції з міжнародною участю "Приборостроение-92" (Керчь, 1992), Міжнародній конференції "Ергономіка в Росії, СНГ і мирі: опыт и перспективы" (Санкт-Петербург, Росія, 1993), Науково-технічній конференції з міжнародною участю "Приборостроение-93" (Миколаїв, 1993), 2-ій Науково-технічній конференції країн СНД "Контроль и управление в технических системах" (Вінниця, 1993), Пленумі правління наукового товариства акушерів-гінекологів України "Пути снижения материнской смертности от маточных кровотечений" (Вінниця, 1993), Симпозиумі з міжнародною участю "Наука и предпринимательство" (Львів, 1994), Науково-технічній конференції з міжнародною участю "Приладобудування-94" (Симферопіль, 1994), 4-й міжнародній конференції "Work with Display Units" (Італія, 1994), 7-ій Міжнародній конференції "Mode Based Biomeasurements" (Словачія, 1995), а також на постійних семінарах кафедр АСУ та КПКТ ВДТУ.

Публікації. За матеріалами дисертації надруковано 7 наукових праць.

Структура та обсяг роботи. Робота містить в собі вступ, чотири глави, висновки, перелік літератури з 92 найменувань

та два додатки. Головну частину роботи викладено на 139 сторінках тексту. Робота містить 28 рисунків та 24 таблиць.

СТИСЛИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі до дисертації стисло обгрунтована актуальність її тематики, окреслені об'єкт та предмет досліджень, сформульована мета роботи, означені методи досліджень, описані основні наукові результати дисертації, охарактеризовані їх суть, новизна, достовірність, обмеження на застосування, практична цінність, впровадження та апробація роботи на різних конференціях, приведена структура роботи.

Перша глава присвячена огляду стану питання та формулюванню задач дослідження. В ній розглядаються задачі медичної діагностики (МД) та доцільність побудови діагностичних експертних систем, аналізуються головні напрямки застосування математичних методів в МД, формулюються принципи МД на нечіткій логіці і на базі запропонованих принципів, ставляться задачі дослідження.

Поняття "медична діагностика" в дисертації трактується як дослідження теперішнього стану хворого або прогноз на майбутнє. Типовими представниками задач МД, які розглянуті в роботі, є дифференційна діагностика ішемічної хвороби серця, прогнозування небезпеки маточних кровотеч під час пологів, прогнозування здоров'я підлітків, комплексний аналіз крові. В кожній з задач МД вважаються відомими:

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - множина кількісних та /або якісних параметрів стану хворого;

$D = (d_1, d_2, \dots, d_m)$ - множина діагнозів, характерних для даної галузі медицини.

Задача МД полягає в знаходженні відображення:

$X^* \rightarrow d_j \in D, j = \overline{1, m}$, де $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ - множина параметрів стану конкретного хворого.

Для розв'язку цієї задачі найбільше поширення набули:

А- байесовський підхід, Б-регресійний аналіз, В-метод фазового інтервалу, Г-логічне програмування. Складності застосування цих методів відображаються в табл.1.

Як видно з таблиці, відомі методи не пристосовані до роботи з якісними (нечисловими) і нечіткими діагностичними знаннями, що задаються природньою мовою. Між тим, саме такі знання моделюють логіку міркувань досвідченого спеціаліста-діагноста, наприклад: "якщо висока температура

тримається кілька днів, то можливе запалення легенів". Цим обумовлена цікавість до застосування в МД теорії нечітких множин, яка дозволяє формально описувати такі поняття як "високий", "кілька", "можливо" і т.і. В процесі розробки методу рішення задач МД на базі нечіткої логіки автор

Таблиця 1

Складності : ε(+), немає (-)	методи			
	А	Б	В	Г
-збирання і обробки статистичної інформації	+	+	-	-
-поповнення бази знань	+	+	-	-
-забезпеченості стійкості моделі до впливаючих факторів	+	+	-	-
-врахування якісних параметрів стану хворого	+	+	+	+
-роботи з нечіткими знаннями	+	+	+	+

виходив із таких принципів:

по-перше, діагноз хворого (d) і параметри його стану ($x_i, i=\overline{1, n}$) розглядаються як лінгвістичні змінні з нечіткими терм-множинами, що формалізуються за допомогою функцій належності;

по-друге, причино-наслідкові зв'язки між параметрами стану і діагнозом представляються у вигляді нечітких логічних висловлювань "ЯКЩО-ТОДИ, ІНАКШЕ", які беруться з реальних історій хвороб або базуються на досвіді експертів в даній галузі медицини;

по-третє, представлення нечітких діагностичних знань виконується ієрархічно, тобто згідно класифікації параметрів стану хворого, що дозволяє враховувати необмежене число параметрів, що впливають на діагноз.

Друга глава присвячена формалізації процесу прийняття діагностичних рішень на базі запропонованих принципів. В ній вводиться поняття нечіткої матриці знань, яка формалізує експертну діагностичну інформацію. На основі матриці знань розробляються моделі і алгоритми МД з кількісними та якісними параметрами стану хворого, а також рекомендації по врахуванню параметрів двох типів.

Нечітка матриця знань визначена автором як табл.2, де

$a_i^{jk_j}$ та d_j - нечіткі терм-множини для оцінки лінгвістичних змінних x_i та d в історії хвороби за номером jk_j , $i=\overline{1, n}$, $j=\overline{1, m}$.

Кількісні змінні x_i і d задаються на неперервних універсальних множинах $U_i = [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$, $W = [\underline{d}, \overline{d}]$, де \underline{x}_i (\overline{x}_i) і

Таблиця 2

N історії хвороби	Параметри стану хворого				Діагноз d
	x_1	x_2	$\dots x_i \dots$	x_n	
11	a_1^{11}	a_2^{11}	$\dots a_i^{11} \dots$	a_n^{11}	d_1
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	
$1k_1$	$a_1^{1k_1}$	$a_2^{1k_1}$	$\dots a_i^{1k_1} \dots$	$a_n^{1k_1}$	
\dots					
$j1$	a_1^{j1}	a_2^{j1}	$\dots a_i^{j1} \dots$	a_n^{j1}	d_j
\dots					
jk_j	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$\dots a_i^{jk_j} \dots$	$a_n^{jk_j}$	
\dots					
$m1$	a_1^{m1}	a_2^{m1}	$\dots a_i^{m1} \dots$	a_n^{m1}	d_m
\dots					
mk_m	$a_1^{mk_m}$	$a_2^{mk_m}$	$\dots a_i^{mk_m} \dots$	$a_n^{mk_m}$	

\underline{d} (\overline{d}) - нижні (верхні) значення змінних x_i і d , $i=\overline{1, n}$. Тому нечіткі множини a_i^p ($p=jk_j$) і d_j визначенні таким чином:

$$\alpha_i^p = \int_{\underline{x}_i}^{\overline{x}_i} \mu_{a_i^p}(x_i) / x_i, \quad d_j = \int_{\underline{d}}^{\overline{d}} \mu_{d_j}(\omega) / \omega, \quad i=\overline{1, n}; \quad j=\overline{1, m}.$$

де $\mu_{a_i^p}(x_i)$ і $\mu_{d_j}(\omega)$ - неперервні функції належності змінних $x_i \in U_i$ і $\omega \in W$ нечітким термам a_i^p і d_j , відповідно.

Для якісних змінних x_i і d введено дискретні

універсальні множини: $\forall_i = \{v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{q_i}\}$ і $w = \{\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^m\}$, в яких $v_i^r (v_i^{q_i})$ та $\omega^1 (\omega^m)$ -бальні оцінки найменших (найбільших) значень параметрів x_i та d_j ; $i = \overline{1, m}$. В цьому випадку нечіткі множини a_i^p ($p = \overline{1, k_j}$) і d_j визначені так:

$$a_i^p = \sum_{k=1}^{q_i} \mu_{a_i^p} (v_i^k) / v_i^k, \quad d_j = \sum_{r=1}^{q_m} \mu_{d_j} (\omega^r) / \omega^r, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, m},$$

де $\mu_{a_i^p} (v_i^k)$ і $\mu_{d_j} (\omega^r)$ -дискретні функції належності елементів $v_i^k \in U_i$ і $\omega^r \in W$ нечітким термам a_i^p та d_j , відповідно.

Введеній матриці знань однозначно відповідає система нечітких логічних висловлювань

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^p) \right] \rightarrow d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (1)$$

яка у явній формі означає, що:

$$\begin{aligned} \text{ЯКЩО } & (x_1 = a_1^{j1}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{j1}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{j1}) \text{ АБО } \dots \\ & \dots (x_1 = a_1^{jk_j}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{jk_j}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{jk_j}), \end{aligned}$$

ТОДІ $d = d_j$, $j = \overline{1, m}$.

Діагностика з кількісними параметрами $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ спирається на вихідну з (1) систему нечітких логічних рівнянь:

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{p=1}^{k_j} \left[\bigwedge_{i=1}^n \mu^{j p}(x_i) \right], \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

в якій $\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - функція належності вектора параметрів (x_1, x_2, \dots, x_n) діагнозу d_j ; $\mu^{j p}(x_i)$ - функція належності параметра x_i нечіткому терму $a_i^{j p}$; \bigvee (\wedge) логічна операція ТА (АБО), якої в теорії нечітких множин відповідає \max (\min).

Алгоритм прийняття рішення про діагноз, розроблений на основі системи (2), полягає в тому, щоб:

1. Для конкретного хворого визначити вектор $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ параметрів його стану, $x_i^* \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$, $i = \overline{1, n}$.

2. Задати неперервні функції належності нечітких термів і знайти їх значення $\mu^{jP}(x_i^*)$ з фіксованими значеннями параметрів x_i , $i=\overline{1, n}$, $p=\overline{1, k_j}$, $j=\overline{1, m}$.

3. За формулами (2) обчислити $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, $j=\overline{1, m}$.

4. Визначити діагноз d^* , для якого

$$\mu^{d^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=\overline{1, m}} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)].$$

Для діагностики з якісними параметрами стану хворого одержано співвідношення:

$$d(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigcap_{j=1}^m \bigcup_{l_j=1}^{k_j} \left\{ \bigcap_{i=1}^n [x_i \circ (a_i^{j l_j} \times d_j)] \right\}, \quad (3)$$

в якому: $d(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - нечітка множина-діагноз, залежна від нечітких множин-параметрів x_i ; $a_i^{j l_j}$ і d_j - нечіткі множини з матриці знань; "x" та "o" - нечіткі операції декартова добутку і композиції, $i=\overline{1, n}$, $j=\overline{1, m}$.

Співвідношення (3) узагальнює композиційне правило висновку на всю матрицю знань, а відповідний алгоритм прийняття рішення про діагноз полягає в тому, щоб:

1. Для конкретного хворого визначити вектор $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$ параметрів його стану, де a_i^* - нечітка оцінка параметра x_i , $i=\overline{1, n}$.

2. Задати дискретні функції належності нечітких термів $a_i^{j l_j}$, d_j і за формулою (3) обчислити нечітку множину-діагноз $d^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$.

3. Обчислити нечіткі відстані за Хеммінгом між нечіткими множинами d^* та d_j :

$$\Delta(d^*, d_j) = \sum_{r=1}^{q_m} |\mu^{d^*}(\omega^r) - \mu^{d_j}(\omega^r)|, \quad j=\overline{1, m}.$$

4. Визначити діагноз d_j , для якого $\Delta(d^*, d_j) = \min_{j=\overline{1, m}} [\Delta(d^*, d_j)]$

В тих випадках, коли серед параметрів, що впливають на діагноз, є як якісні, так і кількісні параметри, пропонується користуватися будь-яким з розроблених алгоритмів, перетворюючи всі параметри до одного з видів.

Третя глава присвячена формалізації параметрів стану хворого у вигляді нечітких множин. В ній розроблюються моделі функцій належності, необхідні для застосування алгоритмів діагностики. Ці моделі будуються для кількісних і якісних параметрів з однаковими та різними термами для оцінки кожного параметра.

Задача генерації функцій належності ставиться в умовах, коли відомі: назва параметра x_i ; $i \in \overline{1, n}$; діапазон $[\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ його змінювання; кількість лінгвістичних термів; назва кожного терма. Для розв'язку цієї задачі пропонується описувати функції належності у вигляді трикутників з такими властивостями:

- основою трикутника є універсальна множина $u_i \in [0, l_i - 1]$, де l_i - число термів лінгвістичної змінної x_i , $i \in \overline{1, n}$;

- вершина трикутника відповідає номеру терма (від 1 до l_i);

- інтерпретація номера терма може бути різною в залежності від специфіки лінгвістичної змінної.

Це дозволило побудувати генератор моделей у вигляді співвідношень:

$$\mu^j(x_i) = \mu^j(u), \quad u = (l_i - 1) \frac{x_i - \underline{x}_i}{\overline{x}_i - \underline{x}_i}, \quad (4)$$

$$\mu^j(u) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{l_i - 1} u, & u \in [0, l_i - 1], \quad j = 1 \\ \frac{1}{j - 1} u, & u \in [0, j - 1] \\ \frac{l_i - 1 - u}{l_i - j}, & u \in [j - 1, l_i - 1] \\ \frac{1}{l_i - 1} u, & u \in [0, l_i - 1], \quad j = l_i \end{cases}, \quad j = \overline{2, l_i - 1} \quad (5)$$

де $\mu^j(x_i)$ - функція належності параметра $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ до j -го нечіткого терма $j \in \overline{1, l_i}$.

За допомогою співвідношень (4) та (5) отримана бібліотека типових неперервних та дискретних функцій належності для числа термів від 2-х до 9-ти, необхідних для алгоритмів прийняття діагностичних рішень. Для настроювання отриманих функцій на експериментальні дані запропоновано

користатися операцією піднесення до степеня $[\tilde{\mu}(x_i)]^k$, в якій k - параметр стиснення-розтягнення: при $k > 1$ функція стискується при збільшенні k ; при $0 < k < 1$ функція розтягується і може наближатися до 1 при $k \rightarrow 0$.

Четверта глава присвячена застосуванню розробленого методу та його автоматизації. Вона містить контрольні приклади, ілюструючу методику розв'язку задач МД з застосуванням запропонованих моделей та алгоритмів, експериментальну оцінку їх адекватності, дослідження чутливості рішення про діагноз до зміни форми функцій належності, а також опис програмно-технічних засобів, розроблених на основі результатів 2-ї та 3-ї глав.

Методика застосування розробленого методу розглядається на прикладі диференційної діагностики ішемічної хвороби серця (ІХС). В цій задачі стан хворого оцінюється 12-ма параметрами, на базі яких необхідно поставити один з 6-ти діагнозів. Для розв'язку задачі використовується дворівнева система матриць знань з нечіткими термами: Н-низький, НС-нижче середнього, С-середній, ВС-вище середнього, В-високий. Матриця верхнього рівня містить 18 рядків (3 рядки для кожного діагнозу), а дві матриці нижчого рівня - по 15 рядків (три рядки для кожного терма).

Перевірка адекватності алгоритмів діагностування здійснювалась шляхом порівняння комп'ютерного та дійсного діагнозів на матеріалах 2-ї міської лікарні м.Вінниці. Вибірка становила 311 хворих на ІХС з верифікованими діагнозами. Повне співпадіння спостерігалось у 258 хворих, тобто в 83% випадків. В решті 17% випадків комп'ютер видавав по два "сусідніх з верифікованим" діагноза. Це цілком відповідає клінічній практиці, коли лікар не здатний провести чітку межу між близькими стоячим діагнозами, і потребує додаткових досліджень.

Встановлено, що зміна форми функцій належності за рахунок варіації параметра k стиснення-розтягнення в межах від $k=0,1$ до $k=3$ не впливає на результат комп'ютерного висновку про діагноз. Це дозволяє рекомендувати запропоновані трикутні моделі без проведення додаткових експериментів по знаходженню точної форми функцій належності.

Проведення комп'ютерних експериментів стало можливим завдяки розробці програмної оболонки нечіткої експертної

системи, яку реалізовано на IBM/PC на базі теорії з глав 2 та 3. Ця оболонка орієнтована на дві категорії користувачів: інженера по знанням, утворюючого експертні системи, та кінцевого користувача в даній предметній галузі. Програмне забезпечення складається з 8-ми програмних блоків: вводу знань, настроєння функцій належності, бази знань, прийняття рішень, бібліотеки функцій належності, пояснення, представлення знань та спілкування з користувачем, поповнення знань.

Главу завершує опис способу оцінки стану серцево-судинної системи (заявка на патент України N 9409072 від 03.09.94). Центральним елементом цього способу є блок обробки, в якому реалізовано алгоритм прийняття рішень на базі нечітких логічних рівнянь (2) та матриці знань, враховуючи параметри стану і діагнози ІХС.

В закінчення винесені формулювання назв, суті, наукової новизни, достовірності, обмежень на застосування і практичної цінності кожного результату дисертації.

Додатки містять методику і результати експериментальних досліджень побудови функцій належності 12-ти параметрів хворого ІХС, які підтверджують можливість трикутної апроксимації цих функцій, а також документи про впровадження роботи.

ГОЛОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

В ході виконання досліджень розроблено метод та автоматизовану експертну систему для розв'язку задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки, який об'єднує сукупність принципів, математичних моделей, алгоритмів та програмного забезпечення для прийняття рішень про діагноз хворого з відомими значеннями параметрів його стану. При цьому одержані такі результати:

1. Сформульовано принципи застосування теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних для розв'язку задач медичної діагностики.

2. Вперше введено поняття матриці знань, яка формалізує нечітку експертну інформацію про взаємозв'язок між параметрами стану хворого і діагнозом.

3. Розроблені математичні моделі та алгоритми прийняття рішень про діагноз з кількісними та якісними параметрами стану хворого на основі нечітких логічних рівнянь та нечіткого логічного висновку.

4. Розроблені математичні моделі функції належності, які

формалізують лінгвістичні значення параметрів хворого у вигляді нечітких множин в алгоритмах діагностики.

5. Адекватність розробленого методу (моделей та алгоритмів) перевірена експериментально на репрезентативній вибірці хворих з ішемічною хворобою серця.

6. Розроблені моделі та алгоритми реалізовано у вигляді програмної оболонки, на базі якої побудовано автоматизовану експертну систему для диференційної діагностики ішемічної хвороби серця.

7. Розроблена програмна оболонка дозволяє проектувати експертні діагностичні системи на базі нечіткої логіки в різних галузях медицини.

Основні положення дисертації викладено в роботах:

1. Ротштейн О.П., Жупанова М.О., Шверда В.М. Диференціальна діагностика ішемічної хвороби серця на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - 1994, №2. - С. - 32-38.

2. Ротштейн О.П., Штовба С.Д., Жупанова М.О. Діагностика на базі нечіткого логічного вивода // Науково-технічна конференція з міжнародною участю "Приладобудування-94": Тез. доп. - Вінниця-Симферополь, 1994. - С.177-181.

3. Ротштейн О.П., Кожем'яко В.П., Жупанова М.О., Устройство для диагностики ишемической болезни сердца // Науково-технічна конференція з міжнародною участю "Приладобудування-94": Тез. доп. - Вінниця-Симферополь, 1994. С.187-188.

4. Ротштейн О.П., Штовба С.Д., Жупанова М.О. Оптимизация алгоритмических процессов на базе теории нечетких множеств // Симпозиум з міжнародною участю "Наука и предпринимательство": Тез. доп. - Вінниця-Львів, 1994. - С.44-45.

5. Ротштейн О.П., Штовба С.Д., Жупанова М.О. Оптимизация алгоритмических процессов при нечетких исходных данных // 2

Науково-технічна конференція країн СНД "Контроль и управление в технических системах": - Тез. доп. - Вінниця, 1993. С. 74

6. Rotshtein A., Shtovba S., Zhupanova M. Research of the Image Quality Influences Dependence Upon Characteristics of Display Operator Activity // Work with Display Units. Proc. of the Fourth International Scientific Conference, Milan-Italy, October 2-5, 1994 (cod. SP194).

7. Rotshtein A., Zlepko S., Zhupanova M. Fuzzy expert system for Medical Diagnostics, Proc. of 7th International IMECO TC-13 Symposium on Measurement in Clinical Medicine, Stara

Leana, Slovak Republik, 1995 (No.68).

Особистий внесок. В роботах, написаних в співавторстві автору належать формалізовані постановки задач, розробка моделей та алгоритмів, проведення комп'ютерних експериментів з оцінки адекватності діагностування.

Автор висловлює подяку д.т.н. Зленко С.М. за наукові консультації з питань медичної кібернетики.

Zhupanova M.A. Creation of method and computer- aided expert system for medical diagnostics problems solving based on fuzzy logic // Candidat of technical science dissertation on speciality 05.13.02- Mathematical modeling in scientific research.- Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa, 1995. 7 scientific works are proposed, which contain the creation of medical diagnostics principles design based on fuzzy set theory, mathematical models and algorithms of diagnostics decision making with quantitative and qualitative parameters of patients state based on fuzzy logic equations and fuzzy logic evidence, generator of membership functions models for fuzzy parameters, shell of fuzzy expert system, adequacy research of designed models and algorithms based the example of differential diagnosis of ischemia heart disease.

Жупанова М.А. Разработка метода и автоматизированной экспертной системы для решения задач медицинской диагностики на базе нечёткой логики. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.02- математическое моделирование в научных исследованиях, Винницкий государственный технический университет, Винница, 1995г. Защищается 7 научных работ, содержащих разработку принципов решения задач медицинской диагностики на базе теории нечётких множеств, математические модели и алгоритмы принятия диагностических решений при количественных и качественных параметрах состояния больного с помощью нечётких логических уравнений и нечёткого логического вывода, генератор моделей функций принадлежности нечётких параметров больного, оболочку нечёткой экспертной системы, исследование адекватности разработанных алгоритмов на примере дифференциальной диагностики ишемической болезни сердца.

Ключові слова: діагноз, нечітка матриця знань, нечіткі логічні рівняння, функції належності, експертна система.

Підписано до друку 30.09.95 р.
Друк офсетний. Папір офсетний.
Тір. 100 прим., Зак. № 12
СКТБ "Модуль", Хмельницька дорога, 95

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

AB 33.233