

Комплексна магістерська кваліфікаційна робота
на тему:

**Інформаційна технологія підтримки
прийняття рішень в медичній діагностиці:
програмне забезпечення для діагностики
ішемічної хвороби серця**

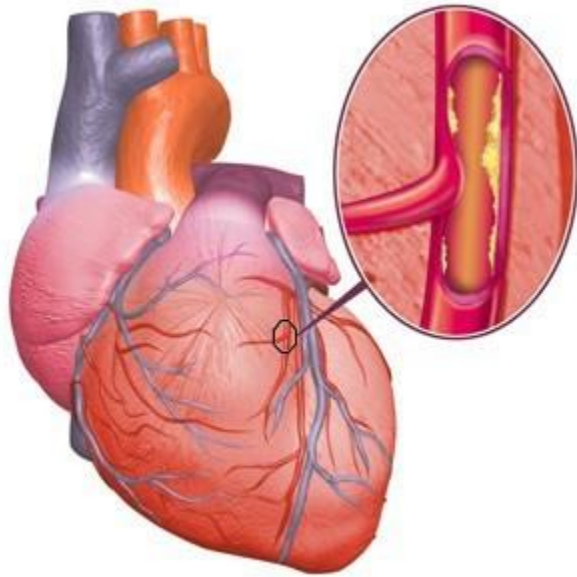
Виконала: ст. гр. 1КН-17М

Щербіна А.С.

Науковий керівник: к.т.н., доц.

Сілагін О. В.

Актуальність роботи



Серед причин смертності від хвороб серця найвищу позицію займає таке захворювання як ішемічна хвороба серця. І що найболючіше, за статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я серед європейських країн саме Україна – лідер серед смертності людей від ІХС

Основні задачі дослідження

Метою дослідження є спрощення процесу проектування та навчання і відповідно скорочення терміну розробки за рахунок застосування спеціалізованого середовища моделювання засобами нечіткої логіки.

Об'єкт дослідження – це процес діагностування ішемічної хвороби серця.

Предмет дослідження – інформаційні технології, математичні моделі, алгоритми та програмні засоби для діагностування ішемічної хвороби серця.

Задачами поставленими перед магістерською дипломною роботою є:

- обґрунтувати доцільність створення інформаційної технології діагностування ішемічної хвороби серця;
- проаналізувати існуючі технології, методи і моделі розпізнавання та вибрати найбільш ефективні;
- аналіз та вибір діагностичних критеріїв;
- формулювання вимог до роботи технології та розробка ТЗ;
- вибір параметрів(лінгвістичних змінних, нечітких термів, функцій приналежності) та розробка моделі нечіткого логічного виводу діагнозу, як ієрархічного об'єкта;
- розробка та наповнення бази знань у вигляді матриць з правилами ЯКЩО-ТО;
- розробка діаграми класів та алгоритму роботи модуля діагностування ішемічної хвороби серця;
- реалізація та навчання модуля діагностування ішемічної хвороби серця.
- виконати задачі економічного розділу.

Наукова новизна

одержаних результатів полягає в наступному:

розроблена інформаційна технологія діагностування ішемічної хвороби серця, що базується на поєднанні класичної технології ідентифікації апаратом нечіткої логіки з використанням середовища моделювання засобами нечіткої логіки і дає змогу спростити процес навчання;

розроблена та фазифікована спеціалізована математична модель діагностування ішемічної хвороби серця, що орієнтована на використання середовища моделювання засобами нечіткої логіки.

Практичне значення

одержаних результатів полягає у наступному:

розроблено алгоритми нечіткого логічного виведення результатів діагностування ішемічної хвороби серця;

розроблено алгоритм нечіткої логічної апроксимації;

реалізовано експериментальний програмний засіб.

Апробація результатів роботи

Результати досліджень апробовано в доповіді на міжнародній науково-практичній конференції «ІОН-2018», та щорічній регіональній науково-практичній конференції «ВНТУ-2018».

Публікації

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 стаття в збірнику праць «ІОН-2018», тези доповіді конференцій.

Результати, одержані в процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи, плануються до впровадження в розробки науково-виробничого підприємства ТОВ «ІТІ».

Огляд аналогів

Показники	VM	МОДИС	СЕНОД+	Нова розробка
Функціональність	2	3	3	5
Кросплатформність	1	1	1	2
Інтерфейс	Текст	Текст	Текст	Графічний інтерактивний
Супровід	++	+	++	+++
Економія ресурсів і часу	+	+	+	++
Ергономічність використання	+	+	+	++

Постановка задачі

Вхідні змінні – це параметри стану хворого:

- вік
- інструментальна небезпека
- подвійний добуток (ПД) пульсу на артеріальний тиск
- толерантність до фізичного навантаження
- приріст ПД на один кг ваги тіла хворого
- приріст ПД на один кГм навантаження
- максимальне споживання кисню на один кг ваги тіла хворого
- приріст ПД у відповідь на субмаксимальне навантаження
- біохімічна небезпека
- аденозинтрифосфорна кислота - АТФ
- аденозиндіфосфорна кислота - АДФ
- аденозинмонофосфорна кислота - АМФ
- коефіцієнт фосфорилування
- коефіцієнт відношення вмісту молочної та піровиноградної кислот

Вихідна змінна – діагноз хворого, що належить до одного з шести класів важкості ІХС:

- Нейроциркуляторна дистонія (НЦД) легкого ступеня
- НЦД середнього ступеня
- НЦД важкого ступеня
- Стенокардія першого функціонального класу
- Стенокардія другого функціонального класу
- Стенокардія третього функціонального класу

Фрагмент ієрархічної бази знань, що пов'язує діагноз з параметрами стану хворого

ЯКЩО вік хворого низький
І інструментальна небезпека
низька
І біохімічна небезпека низька
ТО - діагноз – НЦД легкого
ступеню

ЯКЩО АТФ висока
І АДФ висока
І АМФ високий
І коефіцієнт фосфорилювання
низький
І коефіцієнт відношення
вмісту кислот високий
ТО біохімічна небезпека низька

ЯКЩО ПД пульсу на
артеріальний тиск високий
І толерантність до
фізичного навантаження висока
І приріст ПД на один
кілограм ваги тіла хворого
високий
І приріст ПД на один
кілограм навантаження низький
І максимальне споживання
кисню на один кілограм ваги
високе
І приріст ПД на
субмаксимальне навантаження
високе
ТО інструментальна
небезпека низька

Визначення нечітких змінних та параметрів

d – діагноз хворого;

x – параметр стану хворого;

y – інструментальна небезпека;

z – біохімічна небезпека

d_1 - Нейроциркуляторна дистонія (НЦД) легкого ступеня;

d_2 - НЦД середнього ступеня;

d_3 - НЦД важкого ступеня;

d_4 - Стенокардія першого функціонального класу;

d_5 - Стенокардія другого функціонального класу;

d_6 - Стенокардія третього функціонального класу.

x_1 - Вік хворого (30-60 років),

x_2 - Подвійний добуток (ДП) пульсу на артеріальний тиск (147-405 умовних одиниць - у.о.),

x_3 - Толерантність до фізичного навантаження (90-1200 кгм / хв),

x_4 - Приріст ДП на один кг ваги тіла хворого (0.6-3.9 у.о.),

x_5 - Приріст ДП на один кг навантаження (0.1-0.4 у.о.),

x_6 - Аденозинтрифосфорная кислота АТФ (34.5-66.2 ммоль / л),

x_7 - Аденозіндіфосфорная кислота АДФ (11.9-29.2 ммоль / л),

x_8 - Аденозинмонофосфорной кислота АМФ (3.6-27.1 ммоль / л),

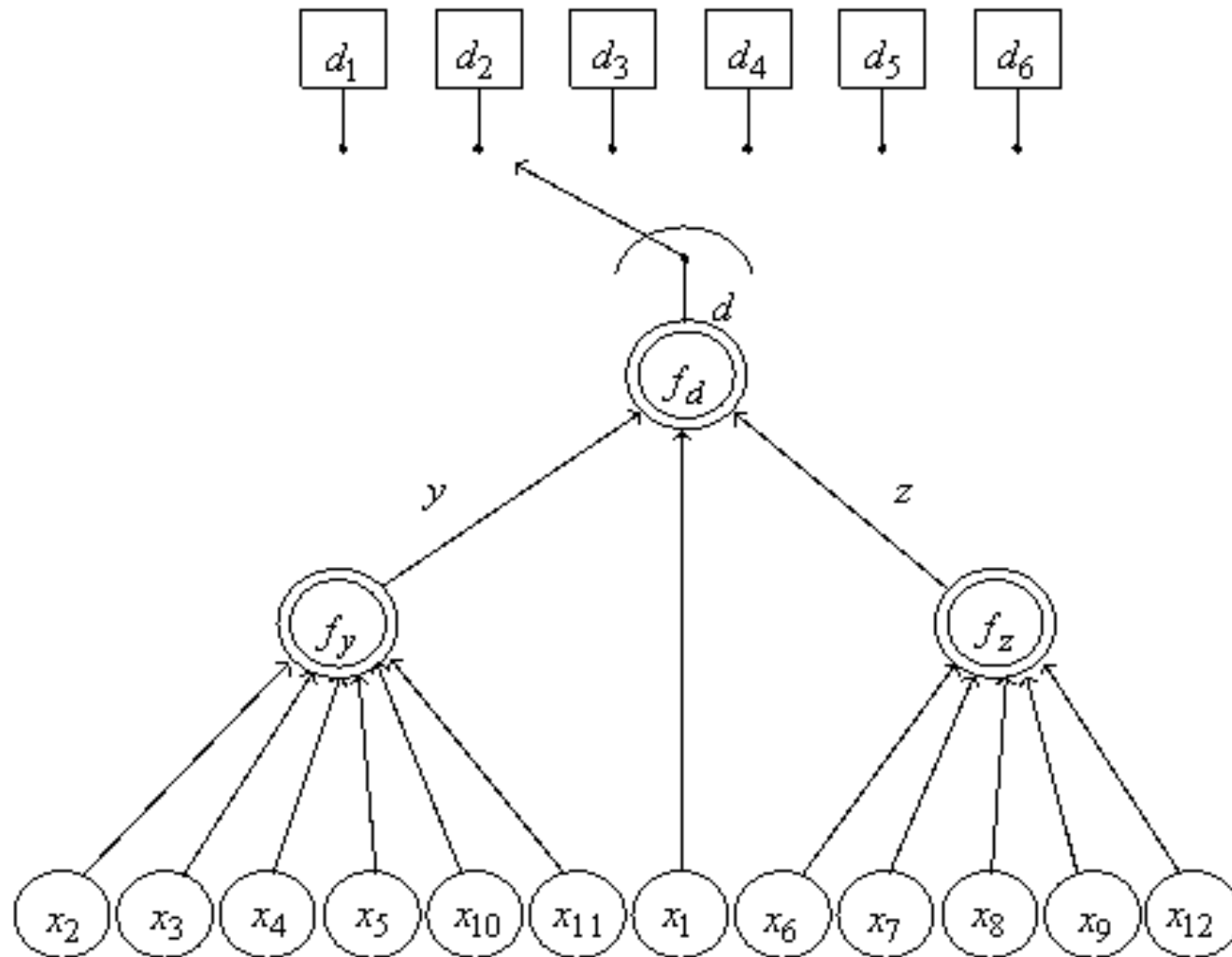
x_9 - Коефіцієнт фосфорилування (1-5.7 у.о.),

x_{10} - Максимальне споживання кисню на один кг ваги тіла хворого (10.5-40.9 млітр / хв кг),

x_{11} - Приріст ДП у відповідь на субмаксимальне навантаження (46-312 у. Е.),

x_{12} - Коефіцієнт відношення вмісту молочної та піровиноградної кислот (3.9-22.8 у.о.).

Дерево нечіткого логічного виводу діагнозу ІХС

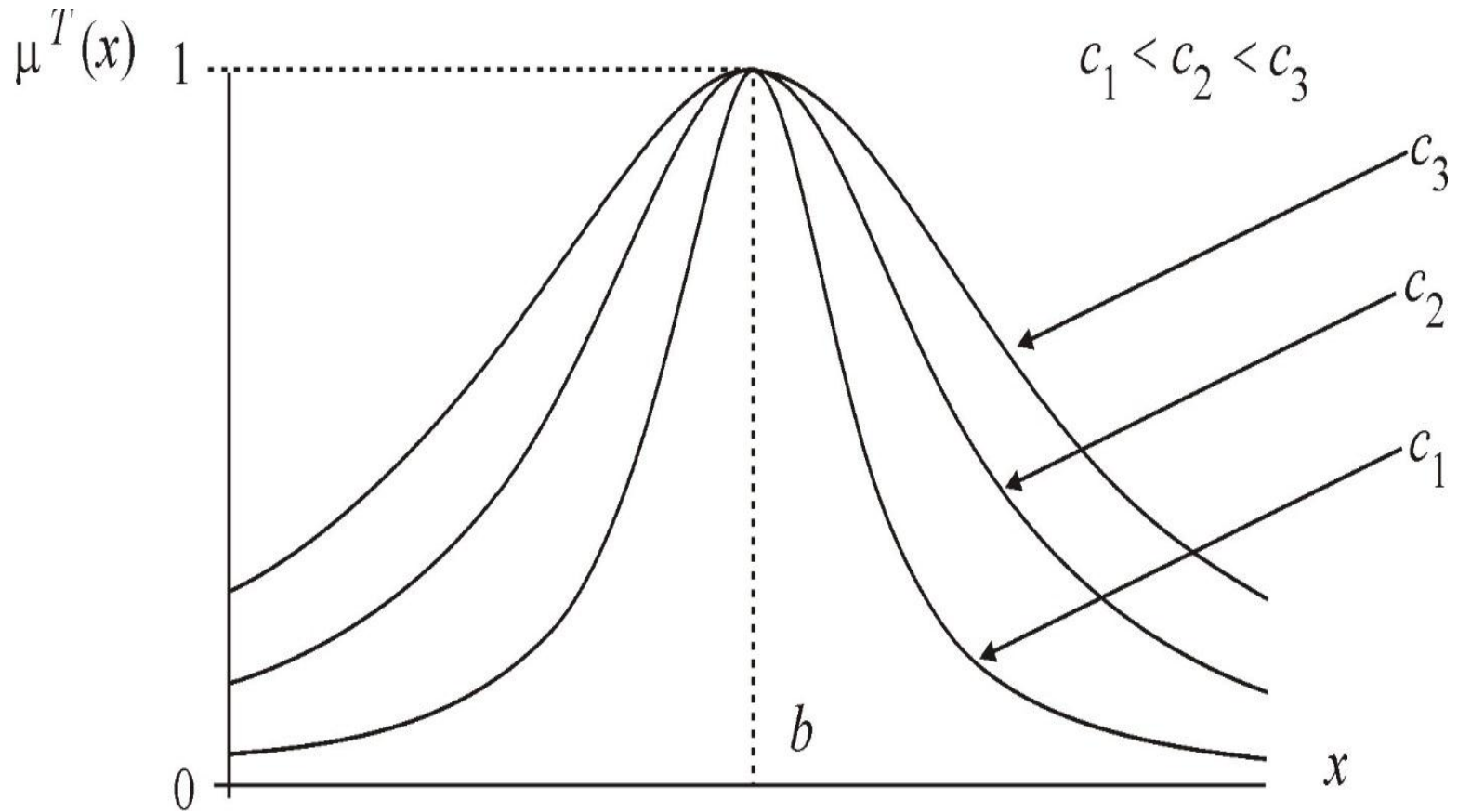


Приклад матриці знань

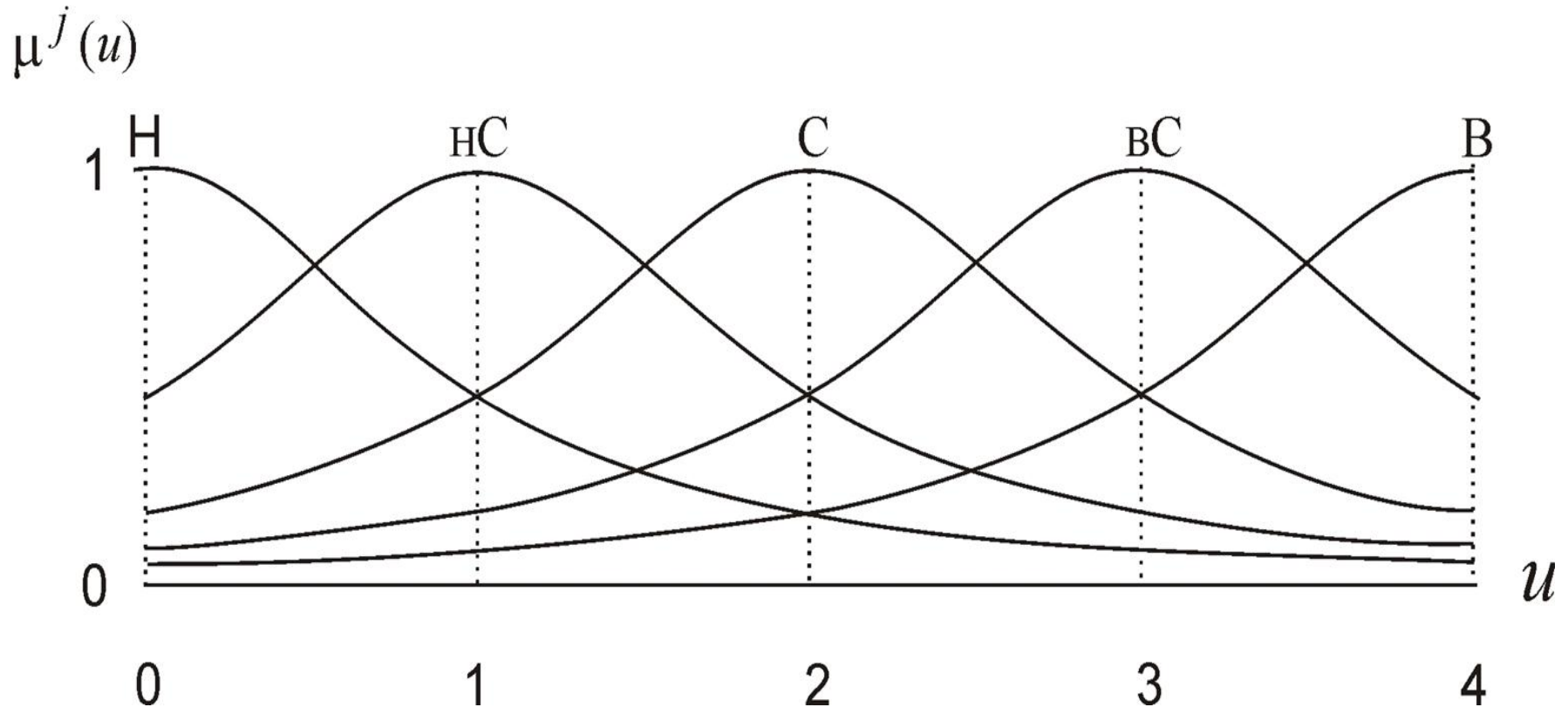
x	y	z	d
Н	Н	Н	d1
Н	НС	НС	
НС	НС	Н	
НС	НС	НС	d2
С	НС	НС	
НС	НС	С	
С	НС	С	d3
ВС	ВС	НС	
ВС	С	С	

ВС	С	ВС	d4
С	ВС	ВС	
НС	ВС	ВС	
С	В	С	d5
ВС	ВС	В	
В	ВС	ВС	
В	В	В	d6
ВС	В	ВС	
С	В	ВС	

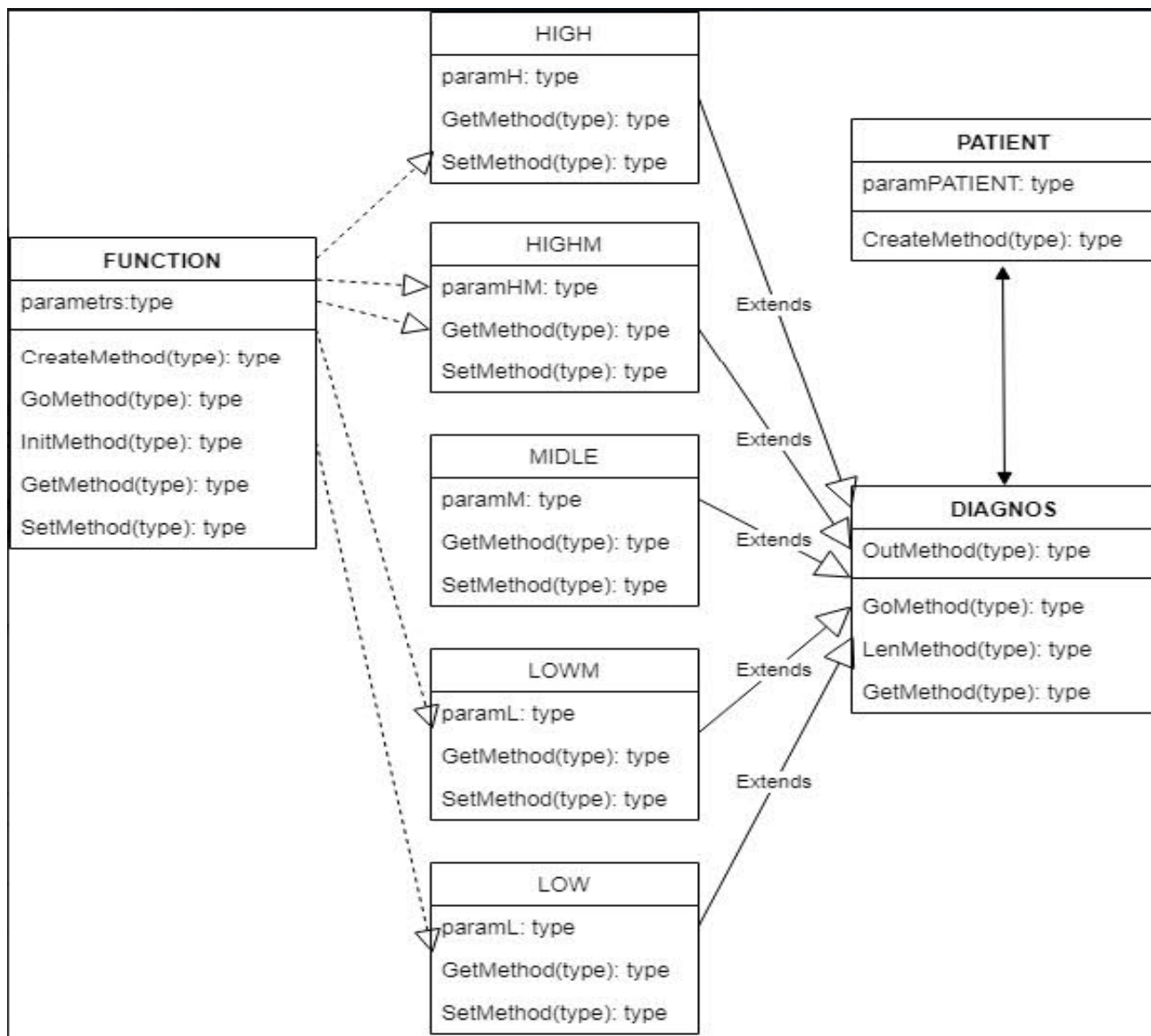
Параметри функції належності



Грубі функції належності



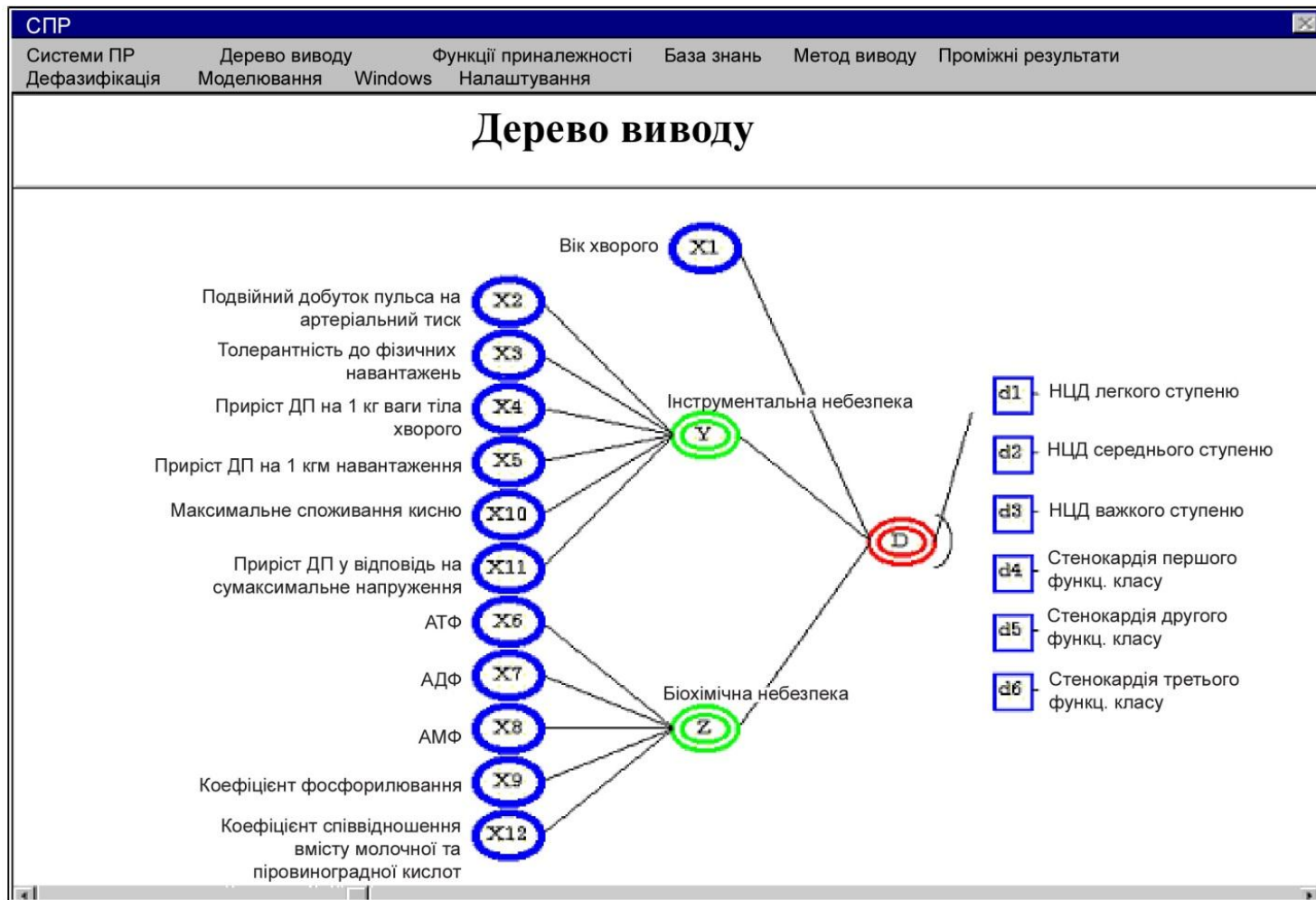
Діаграма класів



Алгоритм створення спеціалізованої моделі діагностування



Формування дерева логічного виводу діагнозу ІХС



Визначення функцій належності (грубих)

СПР

Системи ПР Дерево виводу Функції приналежності База знань Метод виводу Проміжні результати
Дефазифікація Моделювання Windows Налаштування

Input parameter state

Parameter X12 (Коефіцієнт співвідношення вмісту молочної та пірвіноградної кисло)
Membership function shape:
Two tuning coefficients b, c
Coefficient:

Change shape
Change coefficients

Н - Низький
нС - Нижче середнього
С - Середній
вС - Вище середнього
В - Високий

$m_H(X12) = 0.176$
 $m_{нС}(X12) = 0.460$
 $m_C(X12) = 1.000$
 $m_{вС}(X12) = 0.460$
 $m_V(X12) = 0.176$

13.350

Set as a number Set as a term

АДФ (X7)
АМФ (X8)
Коефіцієнт фосфорилування (X9)
Коефіцієнт співвідношення вмісту молочної та пірвіноградної кислот (X12)

Біохімічна небезпека (Z)

- 1 НЦД легкого ступеню
- 2 НЦД середнього ступеню
- 3 НЦД важкого ступеню
- 4 Стенокардія першого функц. класу
- 5 Стенокардія другого функц. класу
- 6 Стенокардія третього функц. класу

Формування матриці знань

СПР

Системи ПР Дерево виводу Функції приналежності База знань Метод виводу Проміжні результати
 Дефазифікація Моделювання Windows Налаштування

Дерево виводу

X2	X3	X4	X5	X10	Y	Wght
В	В	В	Н	В	Н	1.000
В	вС	В	нС	В		1.000
вС	В	вС	Н	В		1.000
вС	вС	В	нС	В	нС	1.000
В	В	вС	С	В		1.000
вС	вС	В	нС	вС	С	1.000
С	С	С	С	С	С	1.000
вС	вС	С	нС	вС		1.000

X1 (Інструментальна небезпека)

Y (Інструментальна небезпека)

Z (Біохімічна небезпека)

D (Інструментальна небезпека)

Приріст ДП у відповідь на сумаксимальне напруження **X11**

АТФ **X6**

АДФ **X7**

АМФ **X8**

Коефіцієнт фосфорилування **X9**

Коефіцієнт співвідношення вмісту молочної та піровиноградної кислот **X12**

d1 НЦД легкого ступеню

d2 НЦД середнього ступеню

d3 НЦД важкого ступеню

d4 Стенокардія першого функц. класу

d5 Стенокардія другого функц. класу

d6 Стенокардія третього функц. класу

Введення значень вхідних змінних

СПР

Системи ПР Дерево виводу Функції приналежності База знань Метод виводу Проміжні результати
Дефазифікація Моделювання Windows Налаштування

Вхідні перемінні

Задайте значення вхідним перемінним

X1	44.000000	років	Число	Термом	31.00000	57.000000
X2	300.00000	у.о.	Число	Термом	147.0000	405.00000
X3	нС		Число	Термом		
X4	Н		Число	Термом		
X5	0.200000	у.о.	Число	Термом	0.100000	0.400000
X10	31.000000	млтр/	Число	Термом	10.50000	40.900000

Прорахувати дерево Cancel Наступні

Приріст ДП у відповідь на сумаксимальне напруження X11

АТФ X6

АДФ X7

АМФ X8

Коефіцієнт фосфорилування X9

Коефіцієнт співвідношення вмісту молочної та пірвіноградної кислот X12

Біохімічна небезпека Z

лека D

- d1 - НЦД легкого ступеню
- d2 - НЦД середнього ступеню
- d3 - НЦД важкого ступеню
- d4 - Стенокардія першого функц. класу
- d5 - Стенокардія другого функц. класу
- d6 - Стенокардія третього функц. класу

Тестовий приклад для грубих налаштувань

Нехай деякому хворому відповідають такі кількісні значення параметрів стану:

$$x_1^* = 53 \text{ років}, x_2^* = 175 \text{ у.е.}, x_3^* = 507 \text{ кгм / хв},$$

$$x_4^* = 2.4 \text{ у.о.}, x_5^* = 0.25 \text{ у.о.}, x_6^* = 60.7 \text{ ммоль / л},$$

$$x_7^* = 26.14 \text{ ммоль / л}, x_8^* = 10.4 \text{ ммоль / л}, x_9^* = 3.9 \text{ у.о.},$$

$$x_{10}^* = 22.4 \text{ млітр / хв кг}, x_{11}^* = 172 \text{ у.о.}, x_{12}^* = 26.1 \text{ у.о.}$$

в якості діагнозу модель вибирає НЦД важкого ступеня - d3

Тонке налаштування нечіткої бази знань

В якості навчальної вибірки для тонкого налаштування нечіткої бази знань використовувались реальні історії хвороби з підтвердженими діагнозами, надані консультантом магістерської роботи, д.м.н., професором кафедри кардіології ВНМУ Солейко Оленою Віталіївною. Задача оптимізації вирішувалась автоматизовано за допомогою середовища нечіткого моделювання, яке реалізоване в першій частині комплексної магістерської кваліфікаційної роботи.

В результаті була одержана налаштована модель, в яку входять параметри функції належності (в і с) із таблиці 3.2 та ваги правил із таблиць 3.3. Було порівняно лікарський та комп'ютерний діагноз для 100 хворих.

В результаті порівняння зафіксовано 13 випадків неспівпадіння діагнозів, з яких тільки в одному випадку неспівпадіння відрізнялось на дві позиції, в інших випадках неспівпадіння становило 1 позицію. Таким чином достовірність діагностування за новоствореною технологією дорівнює $13/100 = 0,87$, або 87%

Параметри b і c функцій належності після налаштування

	H		HC		C		BC		B	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
x_1	32.58	23.33	38.21	9.80	43.39	11.92	51.07	16.01	56.74	22.62
x_2	128.00	57.31	186.39	87.83	235.24	80.39	332.76	109.61	389.33	162.75
x_3	182.46	807.90	509.02	242.91	648.08	575.61	922.18	261.01	1105.7	568.27
x_4	0.600	0.761	1.288	0.985	1.847	0.386	2.852	1.421	3.900	0.064
x_5	0.117	0.055	0.217	0.026	0.322	0.179	0.422	0.079	0.530	0.066
x_6	34.48	7.88	47.34	40.20	51.04	8.90	59.48	21.90	69.49	8.08
x_7	11.90	4.04	16.28	4.04	21.56	11.31	25.03	4.04	27.99	13.19
x_8	3.60	5.42	8.61	10.79	15.93	0.24	19.03	25.09	27.10	5.42
x_9	1.00	1.08	2.18	1.08	3.18	3.37	4.02	1.20	5.70	1.08
x_{10}	9.01	18.62	16.69	8.50	21.63	17.92	32.44	8.88	36.24	10.14
x_{11}	46.00	30.15	144.32	157.80	200.10	147.95	270.43	5.96	335.18	193.27
x_{12}	3.90	6.07	10.48	6.07	19.47	24.04	11.8	10.87	30.20	6.07

Вагові коефіцієнти 48 правил після налаштування

T	Wy	Wz	d	Wd
H	0.500	0.500	d1	0.934
	0.500	0.744		0.500
	0.734	0.500		0.419
HC	0.500	0.500	d2	0.500
	0.632	0.500		0.500
	0.500	0.400		0.764
C	0.757	0.500	d3	0.428
	0.470	0.500		0.500
	0.473	0.565		0.734
BC	0.527	0.771	d4	0.663
	0.480	0.500		0.449
	0.664	0.500		0.449
B	0.499	0.500	d5	0.499
	0.806	0.500		0.500
	0.499	0.500		0.770
			d6	0.500
				0.524
				0.915

Економічна частина

В даному розділі було виконано оцінювання комерційного потенціалу програми для діагностики ішемічної хвороби серця.

Проведено технологічний аудит з залученням трьох незалежних експертів. Визначено, що рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

Проведено аналіз подібних існуючих розробок.

Виконано прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.

Також здійснено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Життєвий цикл наукової розробки становить 3 роки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій дорівнює 3888036,43 грн.

Відносна щорічна ефективність вкладених коштів становить 183%, при мінімальному порозі в 25%. А термін окупності інвестицій складає 0,54 роки.

Це означає потенційну зацікавленість інвесторів у фінансуванні розробки.

ВИСНОВКИ

Всі задачі, поставлені перед другою частиною комплексної магістерської кваліфікаційної роботи виконані в повному об'ємі, а саме:

- обґрунтована доцільності створення ПЗ діагностування ішемічної хвороби серця;
- проаналізовані та вибрані діагностичні критерії
- сформовано вимоги до роботи модулю та розроблено ТЗ;
- вибрані параметри (лінгвістичних змінних, нечітких термів, функцій приналежності) та розроблена модель нечіткого логічного виводу діагнозу, як ієрархічного об'єкта;
- розроблена та сформована база знань у вигляді матриць з правилами ЯКЩО-ТО;
- розроблена діаграма класів та алгоритм роботи ПЗ;
- реалізований модуль діагностування ішемічної хвороби серця;
- проведено тонке налаштування (навчання) за реальними вибірками;
- виконані задачі економічного розділу.

Достовірність постановки діагнозу спроектованою та реалізованою програмою становить – 87%.

Відносна щорічна ефективність вкладених коштів становить 183%, при мінімальному порозі в 25%. А термін окупності інвестицій складає 0,54 роки. Це означає потенційну зацікавленість інвесторів у фінансуванні розробки.

Мета – спрощення процесу навчання модулю діагностування ІХС досягнута за рахунок використання в процесі навчання спеціалізованого середовища моделювання, що дозволяє проводити навчання без участі програміста.