



МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ КЛАСИФІКАТОР ДЛЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ З ВИВЕДЕННЯМ ОПТИЧНОГО СИГНАЛУ

Виконавець:

студент Запетрук Я.В.

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Мартинюк Т.Б.

Актуальність

У теперішній час медичні експертні системи широко використовуються для діагностування, моніторингу, прогнозування, підтримки прийняття рішень. Такі сучасні системи медичної діагностики можуть вирішувати складні і важливі завдання медичної експрес-діагностики.

Цінність медичних експертних систем в тому, що вони здатні миттєво аналізувати і узагальнювати безліч чинників і прецедентів, така можливість недоступна людині, навіть якщо вона є фахівцем.

В останні роки дуже ефективно у складі експертних систем використовують технології на базі штучних нейронних мереж. Це потужний і одночасно гнучкий метод імітації процесів і явищ, оскільки відмінною властивістю нейронних мереж є їх здатність навчатися на основі експериментальних даних предметної області.

- **Метою роботи** є розширення функціональних можливостей нейромережевого класифікатора у складі АМК (автоматизованого медичного комплексу) за рахунок візуалізації результатів класифікації через вдосконалення процесу спрацювання нейронів з латеральними зв'язками у прихованому конкурентному шарі.

- Проаналізувати методи та засоби біомедичного діагностування.
- Розробити структуру підсистеми формування висновків та рекомендацій АМК (автоматизованого медичного комплексу).
- Вдосконалити структуру нейромережевого класифікатора у складі підсистеми формування висновків та рекомендацій .
- Розробити структуру і принцип функціонування прихованого конкурентного шару нейромережевого класифікатора.
- Виконати та проаналізувати результати імітаційного моделювання процесу класифікації об'єктів у нейромережевому класифікаторі.
- **Об'єкт дослідження:** процес класифікації з отриманням результуючого сигналу у вигляді бінарного вектора з врахуванням початкових сигналів збудження.
- **Предмет дослідження:** методи та засоби біомедичного діагностування з використанням нейромережевих технологій.
- **Наукова новизна одержаних результатів.**

Знайшов подальший розвиток метод класифікації у нейромережевому класифікаторі за рахунок удосконалення латеральних зв'язків нейронів конкурентного шару, що дозволяє забезпечити прискорення процесу класифікації майже у два рази, а також отримати бінарний результуючий сигнал, що забезпечує його візуалізацію із застосуванням оптоелектронного вузла індикації.

- **Практичне значення одержаних результатів.**
- 1. Розроблено структуру нейромережевого класифікатора у складі підсистеми формування висновків та рекомендацій АМК (автоматизованого медичного комплексу), в якій використано принципи побудови нейромереж Хопфілда і Хеммінга, що дозволяє отримати бінарний результуючий сигнал для його візуалізації лінійкою світлодіодів.
- 2. Вдосконалено структуру конкурентного шару нейромережевого класифікатора за рахунок видалення латеральних зв'язків у нейроні цього шару, що дозволяє забезпечити прискорення процесу класифікації майже у два рази.
- 3. Розроблено імітаційну модель з використанням пакету прикладних програм MATLAB 2015, що дозволило підтвердити на наборі конкретних симптомів для конкретних захворювань прискорення цього процесу майже у 2 рази.
- **Особистий внесок здобувача.** Всі результати автор отримав самостійно.
- **Апробація результатів роботи.** Основні результати роботи доповідались та обговорювались на конференціях: XLVII науково-технічна конференція підрозділу ВНТУ (2018), (м.Вінниця); XLVIII науково-технічна конференція підрозділу ВНТУ (2019), (м.Вінниця); VI міжнародна науково – технічна конференція «Фотоніка ОДС – 2018», (м. Вінниця).
- **Публікації.** За темою роботи опубліковано тези трьох доповідей, отримано два патенти на корисну модель «Пристрій для моделювання нейрона», «Класифікатор».

Медична експертна система

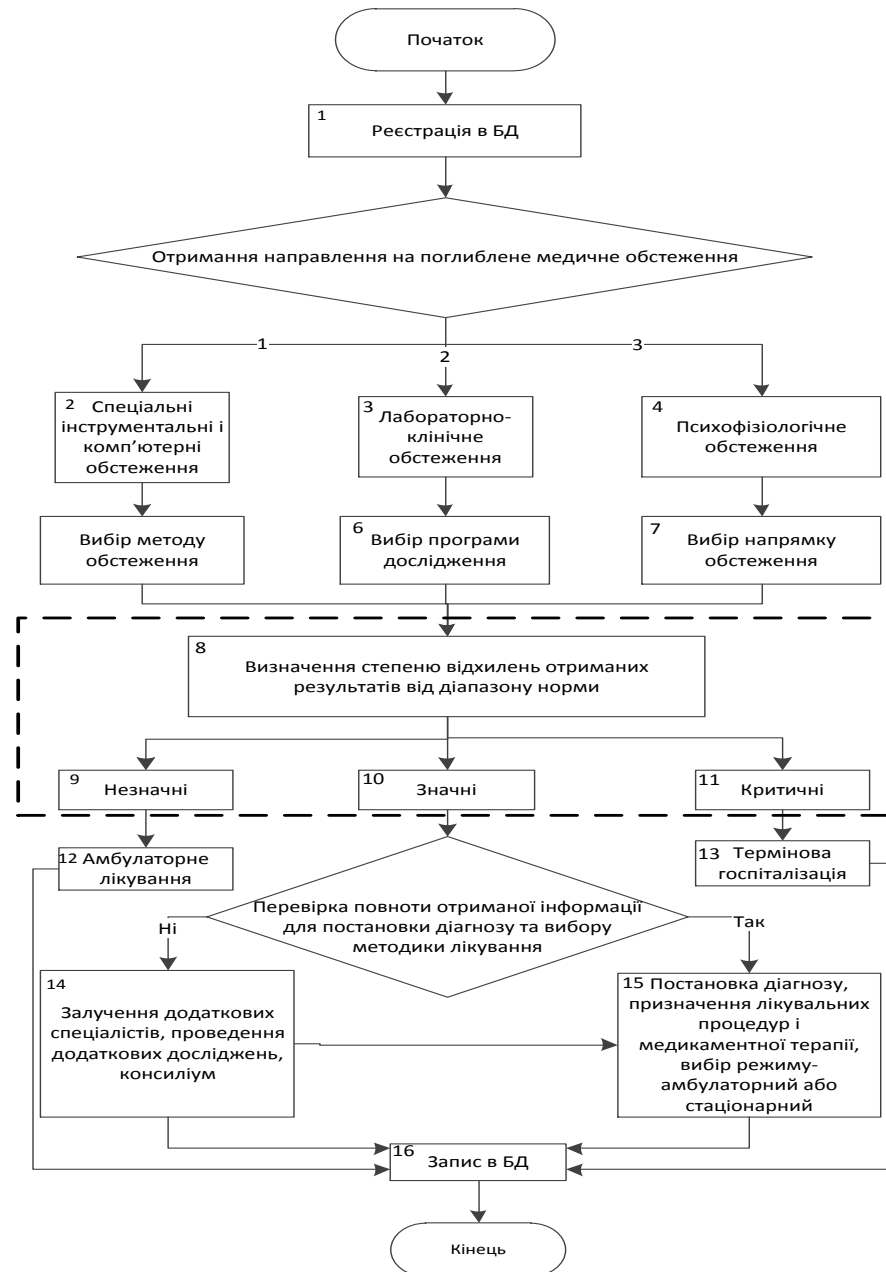
Експертна система виконує функції експерта при вирішенні завдань з певної предметної області. Експертні системи видають поради, проводять аналіз, дають консультації.

Медичні експертні системи використовують для діагностування, моніторингу, прогнозування, підтримки прийняття рішень, тобто тих самих завдань, які становлять природу медицини.

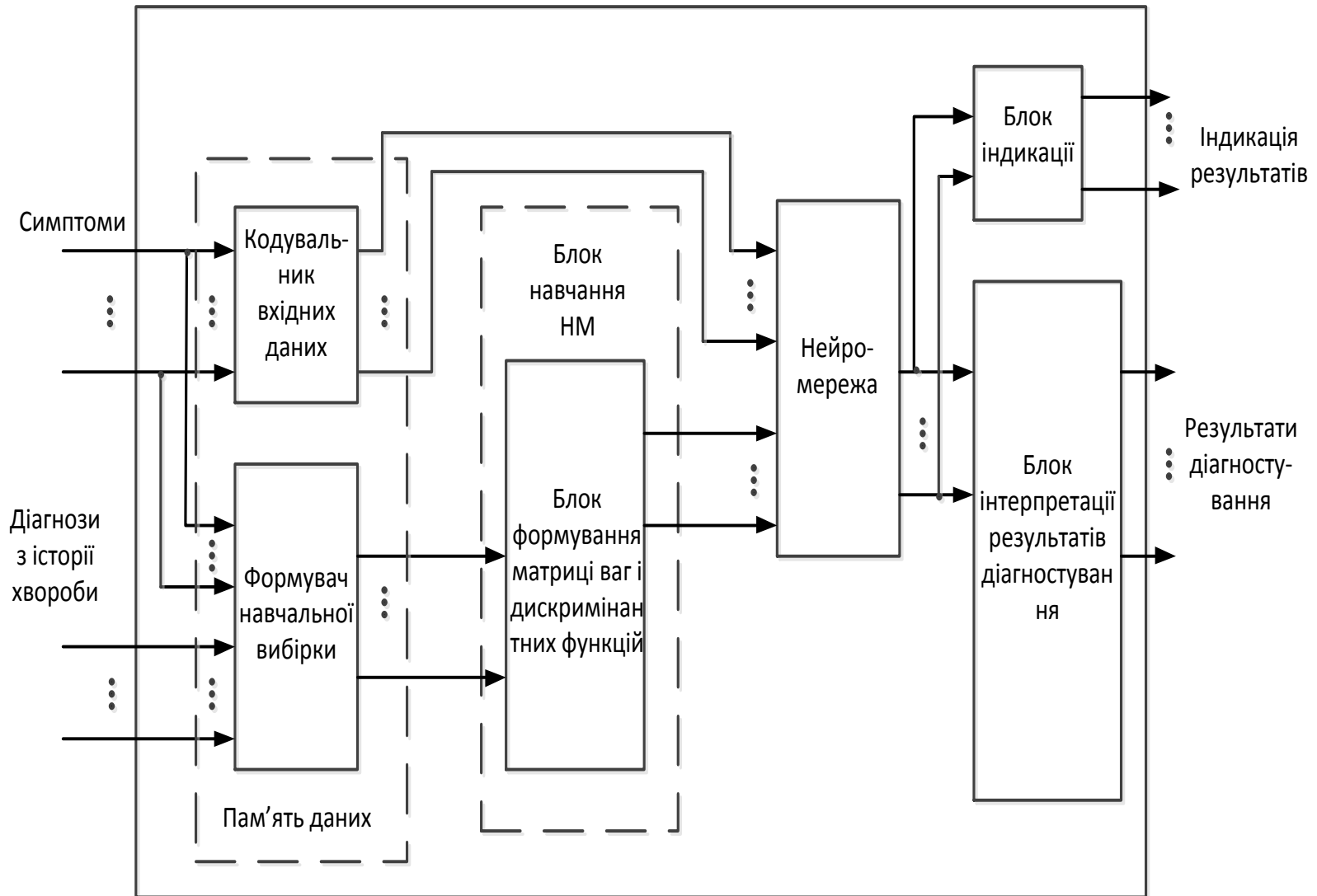
Найважливіші галузі застосування медичної експертної системи — невідкладні та загрозові стани, що характеризуються дефіцитом часу, обмеженими можливостями обстеження та консультацій і нерідко бідною клінічною симптоматикою.

Блок-схема алгоритму роботи АМК (автоматизованого медичного комплексу)

Патент на корисну модель № 101608 від 25.09.2015



Підсистема формування висновків та рекомендацій у складі АМК

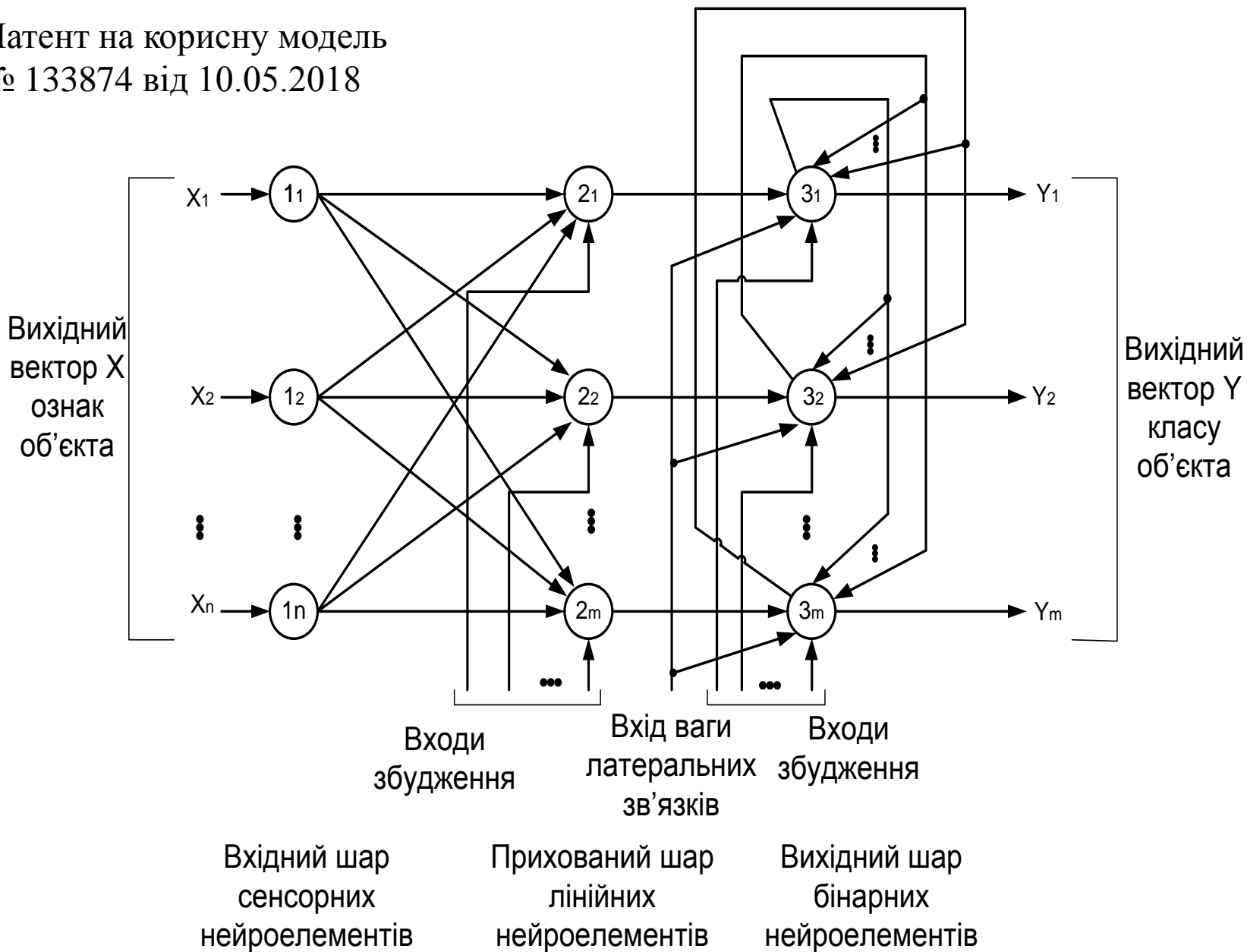


Вихідні дані для медичного діагностування (симптоми апендициту)

Симптоми	Назва симптому	Ступені вираженості симптомів та їх коди
x1	Болі в правій здухвинній ділянці	1 – незначне; 2 – виражене
x2	Тривалість болей в правій здухвинній ділянці	1 – більше як 2 доби; 2 – 25-48 годин; 3 – 13-24 години; 4 – до 12 годин.
x3	Частота пульсу	1 – до 80 уд/хв; 2 – 81-100 уд/хв; 3 – більше як 100 уд/хв.
x4	Лейкоцити крові	1 – до 8 тис/мкл; 2 – 8-14 тис/мкл; 3 – більше як 14 тис/мкл.
x5	Зміна язика	0 – не обложений; 1 – обложений
x6	Симптом Щеткіна - Блюмберга	0 – відсутній; 2 – виражений
x7	Симптом Ровзінга	0 – відсутній; 2 – виражений
x8	Захисне м'язове напруження	0 – відсутній; 2 – виражений

Структура нейромережевого класифікатора

Патент на корисну модель
№ 133874 від 10.05.2018



Базові співвідношення нейромережевого класифікатора

- **Початкові дані:** n – вхідний вектор $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, вихідний вектор розмірністю m $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$, матриця ваг W .
- **Формування дискримінантних функцій** на виході лінійних нейроелементів прихованого шару:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij}^{(2)} x_j + b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

де b_i – зовнішній сигнал збудження класифікатора.

Ваги латеральних зв'язків у бінарних нейроелементів вихідного шару:

а) класичний варіант

б) вдосконалений варіант

$$w_{il}^{(3)} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i = l, \\ -\varepsilon \leq \frac{1}{m}, & \text{якщо } i \neq l, \end{cases}$$

$$w_{il}^{(3)} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } i = l, \\ -\varepsilon \leq \frac{1}{m}, & \text{якщо } i \neq l, \end{cases}$$

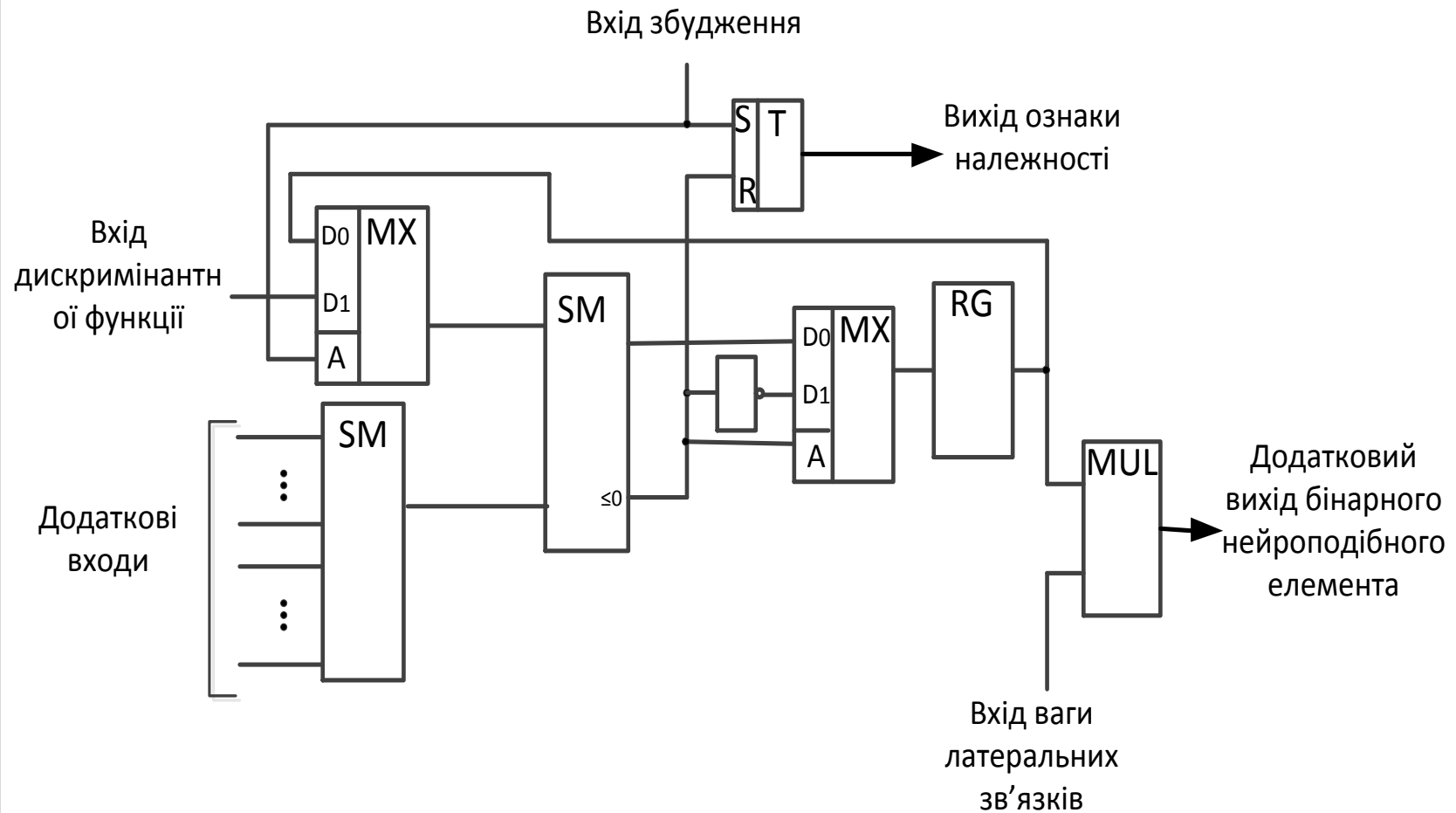
Реалізація парадігми WTA (Winner Takes All) у вихідному шарі за допомогою латеральних зв'язків.

Функції активації у бінарних елементів вихідного шару:

$$f^1(S_i) = \begin{cases} S_i, & \text{якщо } S_i > 0, \\ 0, & \text{якщо } S_i \leq 0. \end{cases}$$

$$f^2(S_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } S_i > 0, \\ 0, & \text{якщо } S_i \leq 0. \end{cases}$$

Функціональна схема нейроелемента конкурентного шару нейромережевого класифікатора



Варіант реалізації блока індикації у складі експертної системи на лінійці світлодіодів WS2812



Параметри	Значення
Кількість світло діодів, штук	8
Напруга живлення, В	4-7
Сумарний струм, мА	60
Модель світлодіодів	WS2812
Інтерфейс	послідовний однопровідний
Колір	червоний
Розмір, мм	53 x 9

Дискримінантний аналіз як базова процедура у нейромережевому класифікаторі

- Загальний вигляд лінійної дискримінантної функції (ЛДФ):

$$d = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n + a,$$

де x_1, \dots, x_n — значення змінних, що відповідають розглянутим випадкам, константи b_1, \dots, b_n і a — коефіцієнти, які необхідно оцінити.

- Лінійні дискримінантні функції для імітаційного моделювання процесу діагностування захворювань апендициту мають такий вигляд:

$$\text{ЛДФ1} = -63 + 9,8x_1 + 3,6x_2 + 7,8x_3 + 5,2x_4 + 14,3x_6 + 11,8x_7 + 11,3x_8,$$

$$\text{ЛДФ 2} = -57,4 + 8,3x_1 + 4,9x_2 + 6,2x_3 + 4,3x_4 + 13,5x_6 + 11,7x_7 + 10,6x_8,$$

$$\text{ЛДФ 3} = -49,6 + 9,4x_1 + 4,7x_2 + 5,5x_3 + 3x_4 + 12,3x_6 + 12x_7 + 8,3x_8,$$

$$\text{ЛДФ 4} = -23 + 6,3x_1 + 2,5x_2 + 5,3x_3 + 2,8x_4 + 7,8x_6 + 7x_7 + 5,8x_8.$$

Обчислені критерії діагностування за визначеними коефіцієнтами ЛДФ:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| - Чутливість 97,5% | - Помилка першого роду 2,5% |
| - Помилка другого роду 0% | - Безпомилковість 98,1% |
| - Спецефічність 100% | |

Частина масиву навчальної інформації

Групова ознака	Симптоми							
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
1	2	3	1	3	0	0	2	2
1	2	2	2	2	1	2	0	2
1	2	4	1	3	1	2	2	2
1	1	2	2	3	1	2	2	2
2	2	4	2	3	0	0	2	2
2	1	4	2	2	1	2	2	2
2	1	3	1	2	1	2	0	0
2	2	4	1	2	0	2	2	2
3	1	4	1	2	0	0	0	2
3	2	1	2	2	1	2	2	0
3	2	3	1	1	1	2	0	2
3	2	4	1	2	1	0	0	0
4	1	2	1	2	0	0	0	0
4	2	1	1	1	0	0	0	0
4	1	2	1	2	1	2	0	0
4	1	2	1	2	1	0	0	0

Імітаційне моделювання процесу класифікації об'єктів

- Для моделювання використано приклад діагностування захворювань апендициту, в якому задіяно вісім закодованих симптомів (вхідних сигналів x_1, \dots, x_8) і чотири діагнози захворювання (вихідних сигналів y_1, \dots, y_4) трьох типів захворювання апендициту (1- гангренозний, 2- флегмонозний, 3- катаральний) і (4- інша патологія живота).
- Попередньо сформована матриця вагових коефіцієнтів:

$$W = \begin{bmatrix} 9.8 & 3.6 & 7.8 & 5.2 & 0 & 14.3 & 11.8 & 11.3 \\ 8.3 & 4.9 & 6.2 & 4.3 & 0 & 13.5 & 11.7 & 10.6 \\ 9.4 & 4.7 & 5.5 & 3.0 & 0 & 12.3 & 12.0 & 8.3 \\ 6.3 & 2.5 & 5.3 & 2.8 & 0 & 7.8 & 7.0 & 5.8 \end{bmatrix}$$

Для імітаційного моделювання процесу класифікації використано ППП Matlab15, результати якого показали прискорення цього процесу майже у 2 рази.

Для моделювання прихованого шару, на виходах 4-х нейронів якого формуються чотири ДФ, використано оператор `newline()` з лінійною симетричною функцією активації `purelin(N)`.

Для моделювання конкурентного шару нейронів можна задіяти оператор `newhop()` з лінійною несиметричною функцією активації `poslin(N)` для виходів латеральних зв'язків та пороговою несиметричною `hardlim(N)` для виходів нейромережевого класифікатора.

Результати імітаційного моделювання процесу класифікації об'єктів

Результати імітаційного моделювання нейромережевого класифікатора (класичний варіант)

```
Command Window
>> model

S1 =
    0

S2 =
    1

S3 =
    0

S4 =
    0

t1 =
    0.0411
```

Результати імітаційного моделювання нейромережевого класифікатора (удосконалений варіант)

```
Command Window
>> model

S1 =
    0

S2 =
    1

S3 =
    0

S4 =
    0

t1 =
    0.0331
```

Результати моделювання прихованого шару

```
Command Window
>> nnnNetwork1

a =
    62.0000
    63.1000
    60.8000
    50.7000
```


Висновки

- 1. Аналіз методів та засобів біомедичного діагностування показав, що нейромережеві технології дозволяють реалізувати інтелектуальний аналіз даних, що, в свою чергу, дозволяє ефективно виконати інформаційний пошук, розпізнавання (класифікацію) об'єктів та візуалізацію результатів, зокрема при медичному діагностуванні.
- 2. Запропонований нейромережевий класифікатор на базі вдосконаленої мережі Хеммінга із формуванням дискримінантних функцій дозволяє виконати експрес-діагностику на наборі визначених симптомів із застосуванням сформованої в процесі навчання пам'яті ваг для конкретних захворювань
- 3. Особливістю запропонованого нейромережевого класифікатора є пришвидшення його обчислювального процесу через змінення латеральних зв'язків між нейронами вихідного шару, що виконує роль конкурентного нейромережевого шару. Крім того, формування бінарного вихідного сигналу $Y = \{y_i\}$ у запропонованого нейромережевого класифікатора забезпечує можливість візуалізації результату діагностування із застосуванням лінійки світлодіодів.

Висновки

- 4. Запропонована структура нейромережевого класифікатора є удосконаленням нейромережі Хеммінга. Відмінністю є видалення додатних латеральних зв'язків у нейронів конкурентного шару нейромережевого класифікатора, що дозволило не тільки спростити його структуру, але й розширити область застосування для класифікації за максимумом дискримінантних функцій.
- 5. Імітаційне моделювання процесу класифікації у запропонованому нейромережевому класифікаторі підтвердило прискорення цього процесу у 2 рази. Структурне моделювання нейромережевого класифікатора продемонструвало правильні відповіді на його виходах при задані конкретних вхідних комбінацій.



Дякую за увагу