

Вінницький національний технічний університет  
Кафедра лазерної та оптикоелектронної техніки



## НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ КЛАСИФІКАТОР З ВІЗУАЛІЗАЦІЄЮ РЕЗУЛЬТАТУ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ

Доповідач: ст. гр. ЛОТ-16М Маслій А. В.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мартинюк Т. Б.

м. Вінниця - 2018 рік



# Актуальність тематики

Основні переваги нейромережових експертних систем перед звичайними такі:

- нейромережі приймають рішення на основі досвіду, придбаного ними самостійно;
- рішення, прийняте нейромережею, не є категоричним: мережа видає рішення разом зі ступенем впевненості в ньому, що залишає користувачеві можливість критично оцінювати її відповідь;
- нейромережа дозволяє моделювати ситуацію прийняття рішення;
- нейромережі дають відповідь дуже швидко (долі секунди), що дозволяє використовувати їх в різних динамічних системах, що вимагають негайного прийняття рішення.

Прикладом задачі класифікації є медична діагностика, де нейромережа може враховувати велику кількість числових параметрів (енцефалограма, тиск, вага, температура і т. д.). Нейромережовий підхід особливо ефективний у задачах експертної оцінки тому, що він поєднує в собі здатність комп'ютера до обробки чисел і здатність мозку до узагальнення і розпізнавання

Метою роботи є вдосконалення нейромережового класифікатора, в якому забезпечується прискорення процесу отримання результуючого сигналу з використанням дискримінантних функцій при класифікації біомедичних даних з можливістю візуалізації результату.



# Об'єкт та предмет дослідження

- **Об'єкт дослідження:** процес обробки діагностичних даних трьох видів апендициту та визначення діагнозу за результатами діагностики.
- **Предмет дослідження:** структурна організація класифікатора біомедичних даних з можливістю візуалізації результату класифікації.

## Головні завдання:

- здійснити огляд технічної літератури з подальшим описом методів та засобів класифікації біомедичних даних з використанням дискримінантного аналізу;
- розробити структурну схему вдосконаленого нейромережевого класифікатора біомедичних даних, проаналізувати структуру та принцип роботи багатовхідного суматора у складі нейромережевого класифікатора;
- проаналізувати аспекти технічної реалізації нейромережевого класифікатора біомедичних даних, розробити рекомендації з його реалізації на прикладі сучасної елементної бази;
- розробити комп'ютерну програму для моделювання обчислювального процесу у нейромережевому класифікаторі, проаналізувати результати імітаційного моделювання.



# Наукова новизна та практична цінність

- ◎ **Наукова новизна результатів роботи:** вдосконалено структуру нейромережевого класифікатора у складі експертної системи, який для задач класифікації медичних даних майже у 2 рази швидше визначає клас поширеної патології із відображенням інформації за допомогою лінійки світлодіодів.
- ◎ **Практична цінність результатів роботи** полягає в створенні програмного продукту, який у складі експертної системи може бути використаний для класифікації біомедичних даних, а також дозволяє визначити параметри швидкодії обчислювального процесу у нейромережевому класифікаторі. Розроблено рекомендації з реалізації базових вузлів нейромережевого класифікатора на цифровій та оптоелектронній базі



# Апробація результатів роботи та публікації

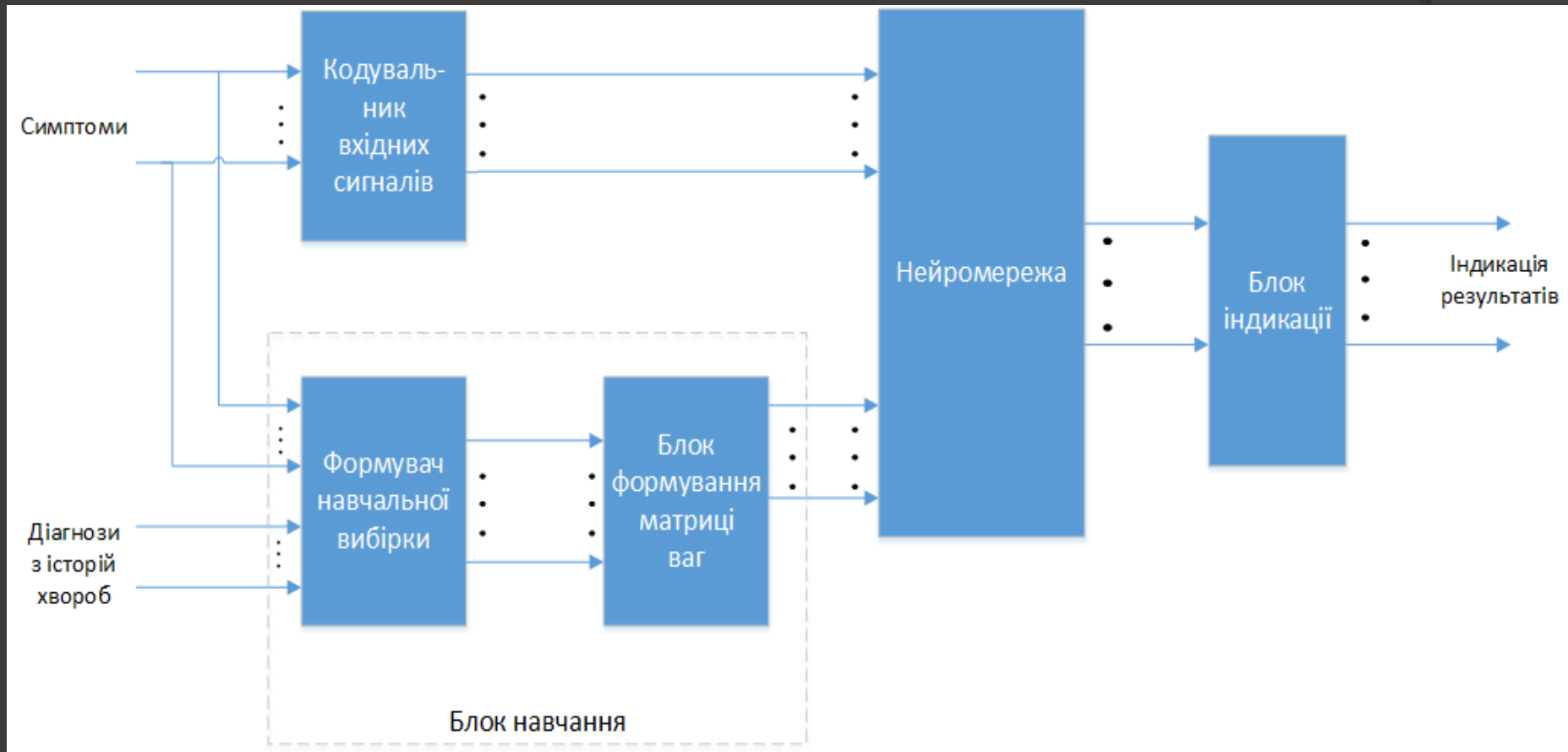
- ◎ **Апробація результатів роботи.** Основні теоретичні та практичні результати роботи доповідались на таких наукових конференціях: «XLV Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем та автоматики (2016)», «XLVI Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2017)».
- ◎ **Публікації.** На тему магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 2 наукові роботи у збірниках тез доповідей науково-технічних конференцій, подано до друку статтю у науковий журнал «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія», що входить до переліку фахових видань України.



# Експертна система

- Експертна система (ЕС) - це різновид комп'ютерних систем, що деяким чином моделюють процеси мислення людини; використовують подані відповідним чином знання, зокрема медичні; вони призначені для одержання логічних висновків і висновків на заданій вихідній множині знань з поясненнями в зрозумілій формі.

# Структурна схема нейромережевого класифікатора у складі експертної системи медичного діагностування





# Дискримінантний аналіз

- Дискримінантний аналіз – це метод багатовимірної статистики, який застосовується для розв’язку задач класифікації (розпізнавання образів) і дозволяє віднести об’єкт з певним набором ознак (симптомів) до одного із відомих класів. Метод застосовується для розв’язку багатьох медико-біологічних задач. В медицині дискримінантний аналіз використовується для розв’язку діагностичних, експертних задач, задач профвідбору, вибору методів і схем лікування.





# Дискримінантний аналіз

Лінійна дискримінантна функція має вигляд:

$$\text{ЛДФ} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$$

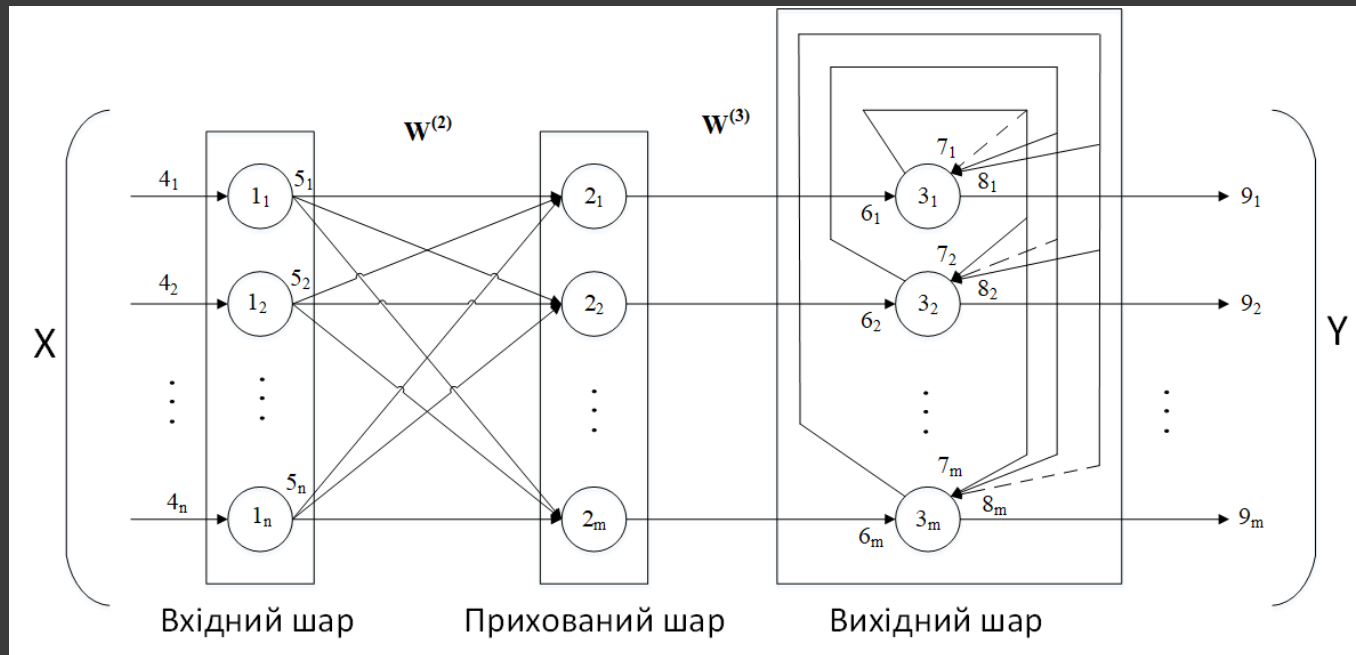
$b_0$  – вільний член;

$b_1, b_2, \dots, b_k$  – ваги ознак;

$x_1, x_2, \dots, x_k$  – лінійні значення ознак;

$b_1 x_1, b_2 x_2, \dots, b_k x_k$  – лінійні ефекти ознак;

# Структурна схема вдосконаленого нейромережевого класифікатора



Вхідний шар - складається з  $n$  сенсорних нейроелементів  $1_1, \dots, 1_n$ , де  $n$  - розмірність вхідного вектора  $X$ .

Прихований шар - складається з  $m$  лінійних нейроподібних елементів  $2_1, \dots, 2_m$ , де  $m$  - кількість класів.

Вихідний шар - складається з  $m$  бінарних нейроподібних елементів  $3_1, \dots, 3_m$



# Основні співвідношення класифікатора

Функція активації  $f^1(S_i)$  на додаткових виходах  $7_1, \dots, 7_m$  відповідних бінарних нейроподібних елементів  $3_1, \dots, 3_m$  вихідного шару має вигляд:

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

Функція активації  $f^2(S_i)$  на виходах  $8_1, \dots, 8_m$  відповідних бінарних нейроподібних елементів  $3_1, \dots, 3_m$  вихідного шару задається виразом:

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

Правило формування ваг латеральних зв'язків у нейронів шару типу WTA («переможець отримує все») для вдосконаленої версії класифікатора:

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



# Моделювання процесу класифікації

Симптоми гострого апендициту, ступені вираженості та їх коди

Як приклад моделювання алгоритму класифікації біомедичних даних за дискримінантними функціями виконано моделювання алгоритму класифікації для діагностики трьох видів апендициту ( 1 – гангренозний, 2 – флегмонозний, 3 – катаральний) та інша патологія живота. Було відібрано 8 симптомів.

Симптоми	Назва симптому	Ступені вираженості симптомів і 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 год.; 3 – 13-24 год.; 4 – до 12 год.
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.

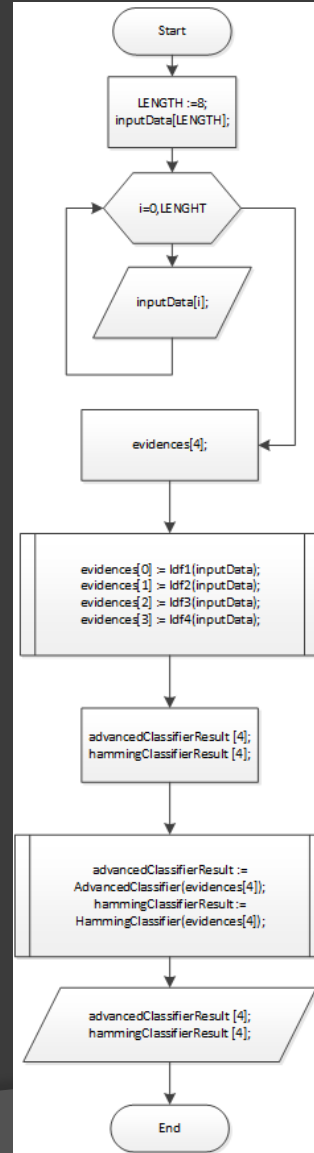
# Частковий масив навчальної інформації



Групова ознака	Симптоми							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1	2	3	1	2	1	2	2	2
1	2	2	2	2	1	2	0	2
1	2	3	1	3	1	2	2	2
1	2	2	1	3	1	2	2	2
1	2	3	1	3	0	2	0	2
1	1	2	2	3	1	2	2	2
2	1	4	2	1	0	2	0	2
2	1	4	2	2	1	2	2	2
2	2	4	2	3	0	0	2	2
2	2	4	1	3	0	2	2	2
3	2	3	1	2	1	0	2	2
3	2	1	2	2	1	2	2	0
3	2	3	1	1	1	2	0	2
3	2	3	1	3	0	0	2	2
4	1	1	2	1	0	0	0	0
4	1	2	1	1	0	0	0	0
4	1	4	1	1	0	0	0	0
4	1	1	2	1	0	0	2	0

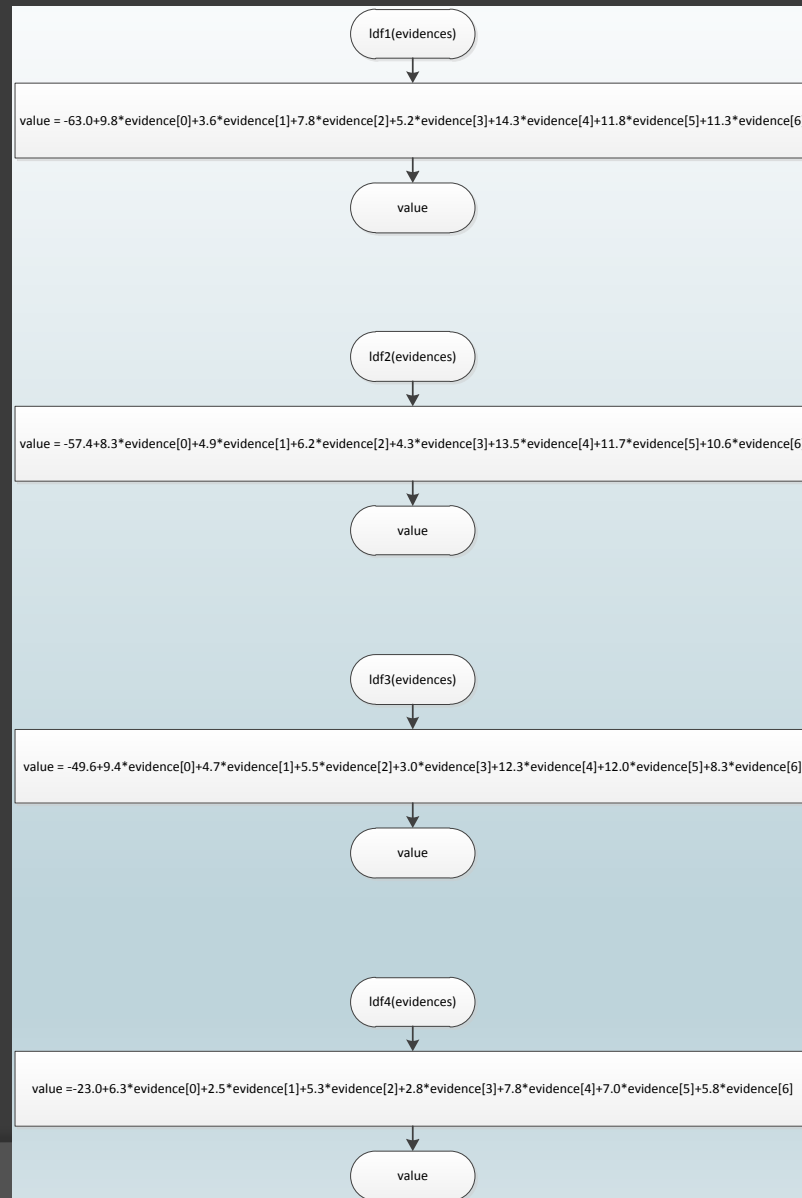


# Блок-схема алгоритму класифікації





# Блок-схема алгоритму класифікації (продовження)





# Етапи роботи програми

Етап 1. На першому етапі вводяться значення ознак.

Етап 2. На другому етапі обраховуються значення лінійних дискримінантних функцій (ЛДФ) за формулами.

Етап 3. На третьому етапі моделюється процес роботи третього шару нейромережі, в якому відбувається формування вихідного вектора.

Етап 4. На четвертому етапі відбувається формування та виведення результатів.





# Приклад роботи програми

Значення ознак: 2; 3; 1; 2; 1; 2; 2; 2;  
Значення ЛДФ: 60,4; 60,3; 60; 49,2;

Удосконалений класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 9  
Вихід 1 = 1 (MAX)  
Вихід 2 = 0  
Вихід 3 = 0  
Вихід 4 = 0

Класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 20  
Вихід 1 = 1 (MAX)  
Вихід 2 = 0  
Вихід 3 = 0  
Вихід 4 = 0

Значення ознак: 2; 1; 2; 2; 1; 2; 2; 0;  
Значення ЛДФ: 38,4; 35,5; 39,5; 37,9;

Удосконалений класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 4  
Вихід 1 = 0  
Вихід 2 = 0  
Вихід 3 = 1 (MAX)  
Вихід 4 = 0

Класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 10  
Вихід 1 = 0  
Вихід 2 = 0  
Вихід 3 = 1 (MAX)  
Вихід 4 = 0

Значення ознак: 2; 4; 2; 3; 0; 0; 2; 2;  
Значення ЛДФ: 48,4; 48,7; 48,6; 44,2;

Удосконалений класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 8  
Вихід 1 = 0  
Вихід 2 = 1 (MAX)  
Вихід 3 = 0  
Вихід 4 = 0

Класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 18  
Вихід 1 = 0  
Вихід 2 = 1 (MAX)  
Вихід 3 = 0  
Вихід 4 = 0

Значення ознак: 1; 1; 2; 1; 0; 0; 2; 0;  
Значення ЛДФ: -5,2; -4,1; 2,5; 13,2;

Удосконалений класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 1  
Вихід 1 = 0  
Вихід 2 = 0  
Вихід 3 = 0  
Вихід 4 = 1 (MAX)

Класифікатор Хеммінга  
Кількість циклів: 2  
Вихід 1 = 0  
Вихід 2 = 0  
Вихід 3 = 0  
Вихід 4 = 1 (MAX)



# Показники ефективності

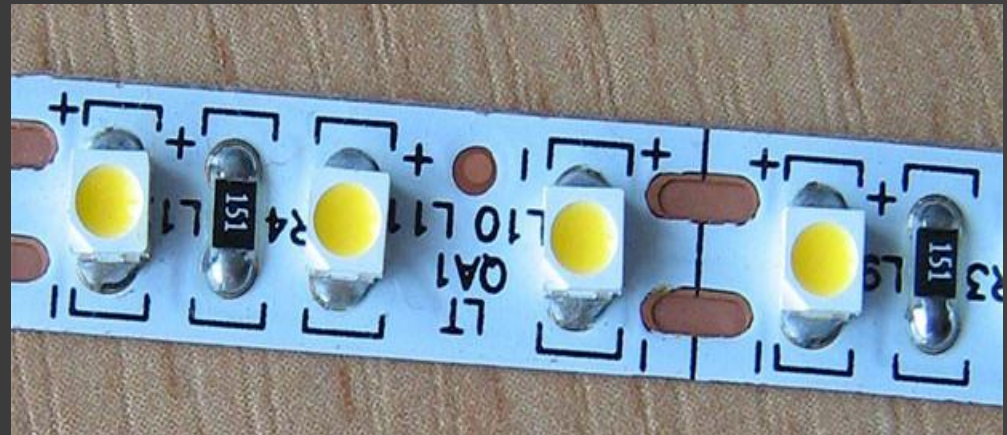
На практиці оцінювання ефективності вирішальних правил діагностики застосовують такі показники ефективності:

- чутливість – це відносна частота віднесення дійсно хворого до класу хворих (97,5%);
- специфічність – це відносна частота віднесення дійсно здорового до класу здорових (100%);
- безпомилковість – це відносна частота прийняття безпомилкових рішень, як по відношенню до дійсно хворих, так і дійсно здорових (98,1%);
- помилковонегативна відповідь (помилка першого роду) – це відносна частота віднесення дійсно хворого до класу здорових (2,5%);
- помилковопозитивна відповідь (помилка другого роду) – це відносна частота віднесення дійсно здорового до класу хворих (0%).

# Реалізація блоку індикації на лінійці світлодіодів



Клас якості – середній  
Спожив. струму, mA – 200  
Матеріал основи – текстоліт  
Кількість світлодіодів – 24 шт/м  
Робоча напруга (В) – DC 12 V  
Ступінь захисту – IP63  
Тип світлодіодів – SMD 3528  
Довжина хвилі, нм - ~ 525  
Розмір (ДхШхВ), мм – 298х4х3  
Роздрібна вартість, грн – 4





# Висновки

- У магістерській кваліфікаційній роботі було розглянуто нейромережевий класифікатор з візуалізацією результатів для діагностування біомедичних даних.
- Розглянуто актуальність теми, здійснено огляд технічної літератури з подальшим описом методів та засобів класифікації біомедичних даних, який показав, що використання дискримінантних функцій є доречним для задачі класифікації біомедичних даних. Проаналізовані переваги нейромережевих експертних системи та наведено їх актуальність. Аналіз показав, що нейромережеві експертні системи використовуються в різних динамічних системах, що вимагають негайного прийняття рішення.
- Розглянуто структурну схему нейромережевого класифікатора біомедичних даних, проаналізована структура та принцип роботи багатовхідного суматора у складі нейромережевого класифікатора. Багатовхідний суматор, який працює за методом різницевого зрізів виконує функцію лінійного нейроподібного елемента прихованого шару нейромережевого класифікатора. Вибір в якості базової моделі класифікатора нейромережі Хеммінга зумовив застосування дискримінантного аналізу для процесу класифікації, який забезпечує високі показники точності медичного діагностування.
- У роботі запропонований вдосконалений варіант структури нейромережевого класифікатора на базі нейромережі Хеммінга, в якому видалено у кожного нейроподібного елемента вихідного шару латеральний зв'язок із самим собою, що спрощує структурну схему класифікатора.
- Описано аспекти технічної реалізації нейромережевого класифікатора біомедичних даних, розглянуто рекомендації з реалізації нейромережевого класифікатора на прикладі сучасної елементної бази, зокрема, лінійка суматорів може бути реалізована на ПЛІС фірми Altera на мікросхемі сімейства FLEX10K/KE. Лінійка помножувачів може бути реалізована за допомогою мікросхеми EPF10K70RC-2 фірми Altera. Лінійка світлодіодів може бути сконструйована зі світлодіодів SMD 3528 зеленого кольору.
- Розроблено комп'ютерну програму алгоритму класифікації біомедичних даних на мові C#, яка не тільки доводить слушність вдосконалення структури класифікатора, а й дає можливість визначити прискорення процесу класифікації.
- З результату порівняння роботи комп'ютерних моделей обчислювального процесу у двох нейромережевих класифікаторах видно, що вдосконалена версія виконує поставлену задачу у середньому удвічі швидше. Точна різниця між кількістю циклів залежить від вхідних даних.
- Зважаючи на економічний аналіз та розрахунки, вкладення інвестицій, розробку можна вважати вигідною. Тому продукт може бути конкурентним на ринку, попит на покращений продукт зростає, а завдяки покращенню його характеристик ціна також може бути збільшена. Розрахунки показують, що окупність даного проекту складає менше, ніж один рік, що також є дуже позитивним фактором для інвестування проекту.
- Результати, отримані під час виконання магістерської дипломної роботи підтверджують ефективність використання лінійних дискримінантних функцій для задач класифікації біомедичних даних, які здійснює нейромережевий класифікатор.

Дякую за увагу