

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

Інформаційна технологія розпізнавання смаків на основі імпульсної нейронної мережі

Виконав студент гр. 1КН-17м Ренкас О.О.

Керівник: к.т.н., доц. Колесницький О.К.

Спеціальність 122 “Комп’ютерні науки”

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення достовірності та швидкодії розпізнавання смаків за рахунок застосування імпульсних нейронних мереж.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести аналіз проблеми розв'язання задачі розпізнавання смаків;
- розглянути існуючі методи вирішення задачі розпізнавання смаків та обрати й обґрунтувати вибір методу, який задовольняє мету даної магістерської кваліфікаційної роботи;
- розробити метод розпізнавання смаків;
- сформулювати стадії інформаційної технології, розробити структуру та алгоритм роботи програмного засобу;
- виконати програмну реалізацію запропонованої інформаційної технології;
- провести тестування програмного продукту та виконати аналіз отриманих результатів.

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження – процес розпізнавання смаків з використанням штучних нейронних мереж.

Предмет дослідження – інформаційна технологія та програмні засоби розпізнавання смаків з використанням імпульсної нейронної мережі та швидкодія і достовірність їх розпізнавання.

Методи дослідження

У роботі використані наступні методи наукових досліджень:

- системного аналізу,
- розпізнавання образів,
- теорії штучних нейронних мереж для реалізації інформаційної технології розпізнавання смаків,
- методи математичної статистики для обрахунків результатів експериментів із програмним засобом,,
- об'єктно-орієнтованого програмування.

НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

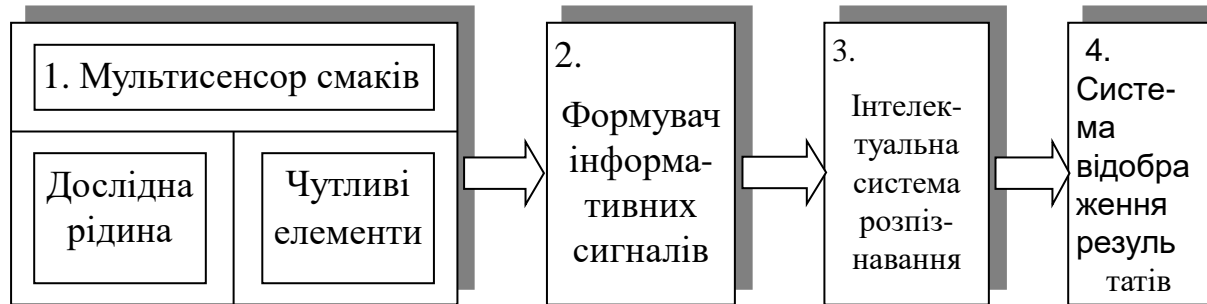
1. Набула подальшого розвитку інформаційна технологія розпізнавання смаків, яка відрізняється використанням імпульсної нейронної мережі, що дозволило підвищити достовірність розпізнавання смаків.
2. Удосконалено метод розпізнавання смаків, який відрізняється використанням процесу навчання тільки для вихідних нейронів імпульсної нейронної мережі, що спростило процес навчання і збільшило швидкодію розпізнавання смаків.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. розроблено алгоритм роботи програмного забезпечення розпізнавання смаків на основі імпульсної нейронної мережі;
2. розроблено програмні засоби для розпізнавання смаків на основі імпульсної нейронної мережі;

Аналіз предметної області розпізнавання символів

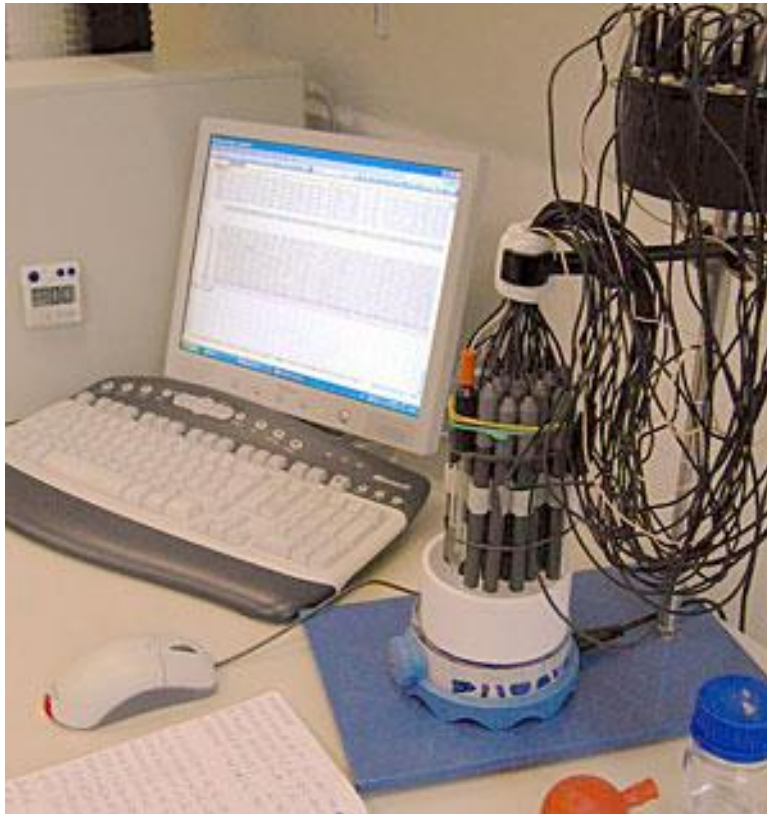
Узагальнена структурна схема системи розпізнавання смаків



Класифікація систем розпізнавання смаків



Вибір і обґрунтування аналогу



Аналог - розробка «Електронний язик» Санкт-Петербурзького державного університету (СПбДУ).

Система «Електронний язик» складається з ноутбука (на якому встановлене ПЗ обробки сигналів мультисенсорів), мультисенсору смаків та аналого-цифрового інтерфесу (електронний прилад). Аналізована рідина наливається у кювету, куди занурюється сенсор смаків, вихідний роз'єм якого за допомогою дротів з'єднується з аналого-цифровим інтерфейсом, який від'єднується до USB роз'єму ноутбука. Це проточно-інжекційний варіант системи типу «електронний язик» з мультисенсорним детектуванням, що включає від 3 до 11 сенсорів.

Недоліки: у цій системі використовується дороговартісний та громіздкий електрохімічний мультисенсор на основі потенціометричних давачів з неорганічними мембранами. Крім цього, програма обробки та розпізнавання сигналів мультисенсору побудована на основі традиційної нейронної мережі типу багатoshаровий персептрон, що є причиною низької швидкодії та недостатньої достовірності роботи системи

Недоліки існуючих нейромережевих методів розпізнавання

У сфері створення нейромережевих методів і засобів розпізнавання смаків існують такі **проблеми**:

- – використовуються нейромережеві методи на основі традиційних парадигм (багатошаровий персептрон, карта Кохонена, ART-мережа і ін.), які мають недостатню швидкодію через необхідність після вимірювання смаків додаткового часу на виділення з них вектора ознак і часу обробки цих ознак нейронною мережею;
- – існуючі методи навчання складні, орієнтовані на навчання всіх нейронів мережі, вимагають великого часу на навчання, орієнтовані на використання складних обчислювальних процедур при навчанні і не здатні до донавчання при необхідності збільшення кількості еталонів, розпізнаваних мережею.

Для **вирішення вказаних проблем** в роботі ставиться завдання розробки інформаційної технології для розпізнавання смаків, яка характеризуватиметься підвищеною швидкістю і спрощенням процесу навчання.

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

Імпульсні нейронні мережі, завдяки своїй нейроморфності (схожість з мережами біологічних нейронів) мають перед традиційними нейронними мережами такі переваги:

1) розпізнавання динамічних образів (мова, динамічні зображення та ін.; в разі розпізнавання мови як вхідні потоки можна використовувати, наприклад, вихідні сигнали смугових фільтрів). У системах розпізнавання сигналів мультисенсорів необхідно розпізнавати динамічні образи, якими є, наприклад, вихідні сигнали мультисенсорів смаків (наприклад, функція провідності сенсора при скануванні температури його нагріву);

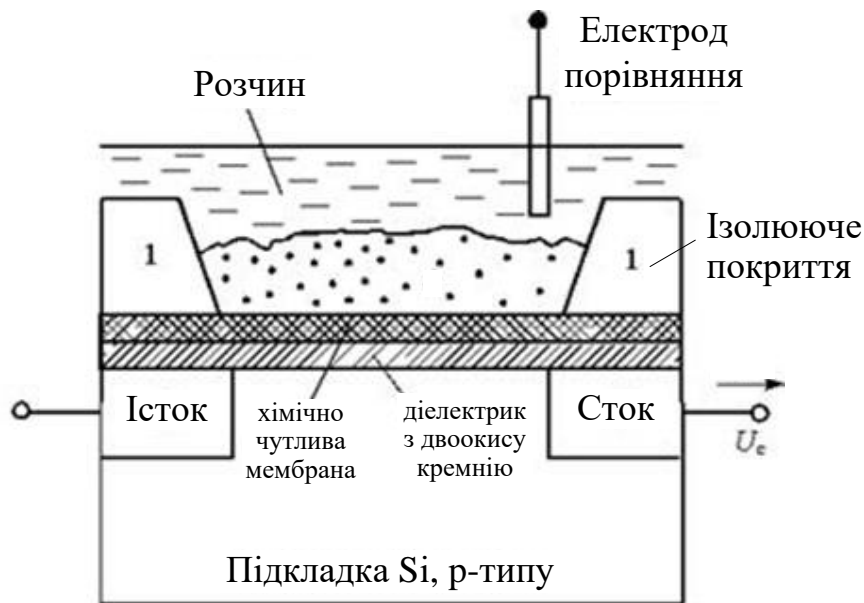
2) багатозадачність (інформація про вхідні потоки циркулює в рекурентній нейронній мережі і на вихід одночасно можуть бути подані результати різних завдань за допомогою різних груп зчитувальних нейронів, навчених виконанню того або іншого завдання). Це вельми потрібна властивість для систем розпізнавання смаків, оскільки кількість вихідних нейронів може відповідати кількості аналізованих компонент смакової суміші;

3) розпізнавання з передбаченням (будь-який динамічний процес може бути розпізнаний навіть за неповною інформацією про нього, тобто навіть раніше, ніж він завершиться). Це теж вельми важлива властивість, яка дозволяє підвищити швидкодію систем розпізнавання сигналів мультисенсорів;

4) простота процедури навчання (навчаються не всі нейрони мережі, а лише вихідні зчитувальні нейрони);

5) підвищена продуктивність обробки інформації і завадостійкість завдяки частотно-імпульсному представленню інформації.

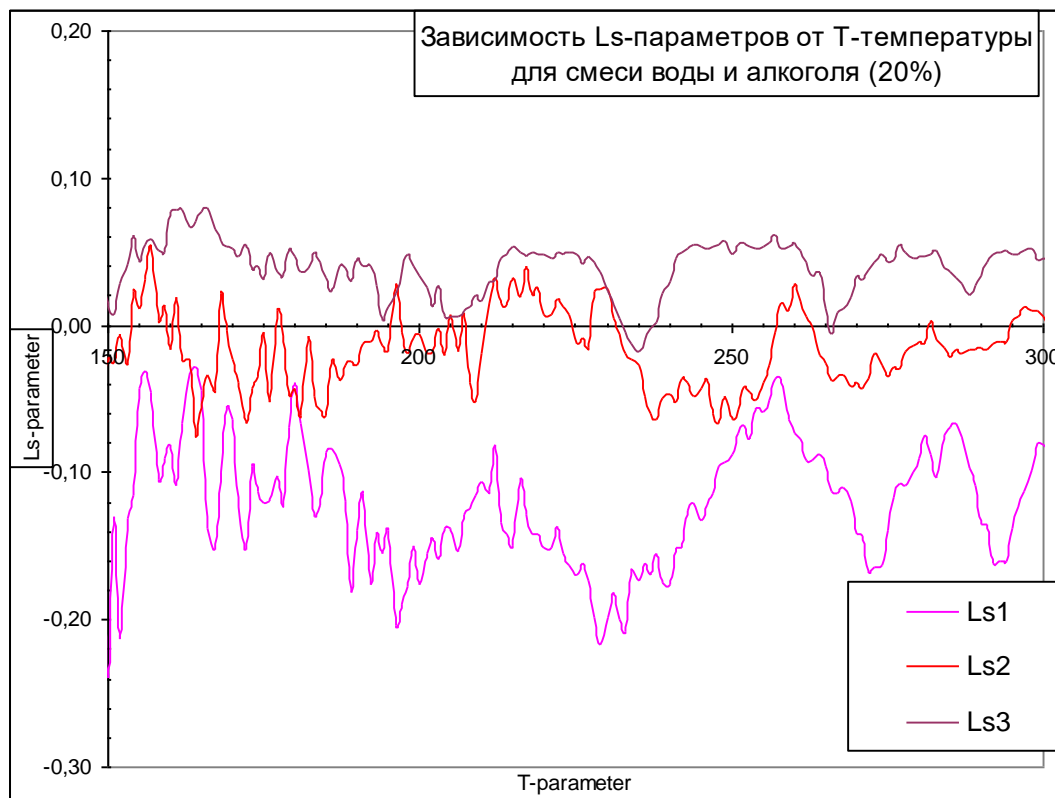
Обґрунтування вибору сенсорів на основі іоноселективного польового транзистору



Іоноселективний польовий транзистор

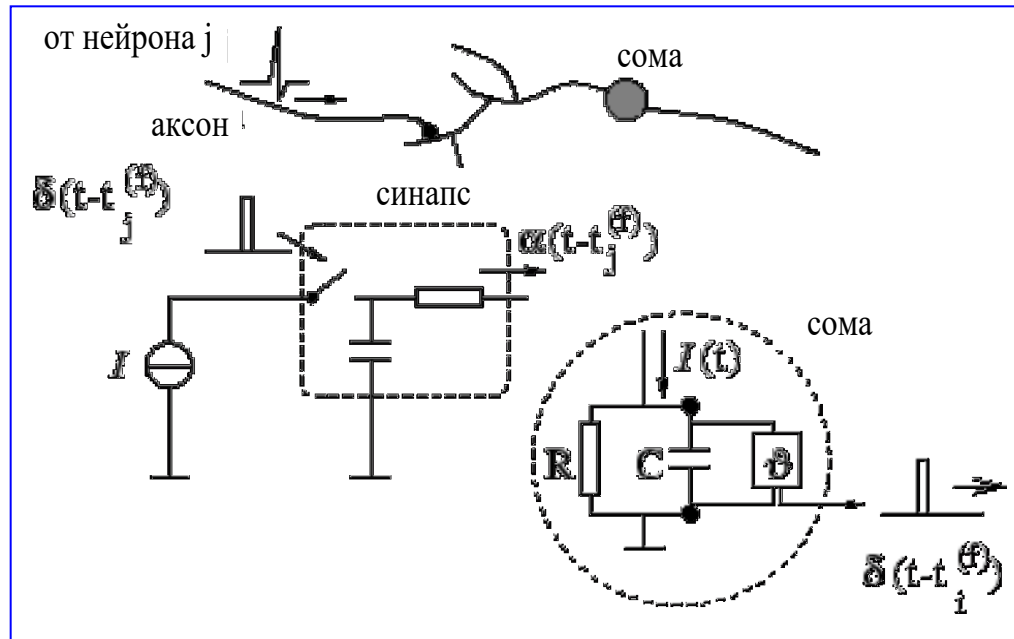
Аналіз відомих типів мультисенсорів смаків у п.1.3.2 показав, що найбільш дешевими, технологічними і широко використовуваними є електричні сенсори. До електричних сенсорів відносяться, зокрема, сенсори на основі оксидів металів, іоноселективні польові транзистори та наносенсори. Серед них варто виділити саме іоноселективні польові транзистори

Вид вихідних сигналів мультисенсора смаків



Вихідні сигнали мультисенсорів смаків являють собою періодичні сигнали, які отримуються із залежності провідності окремих датчиків мультисенсорів від температури при періодичному скануванні температури від 20 до 400 °С.

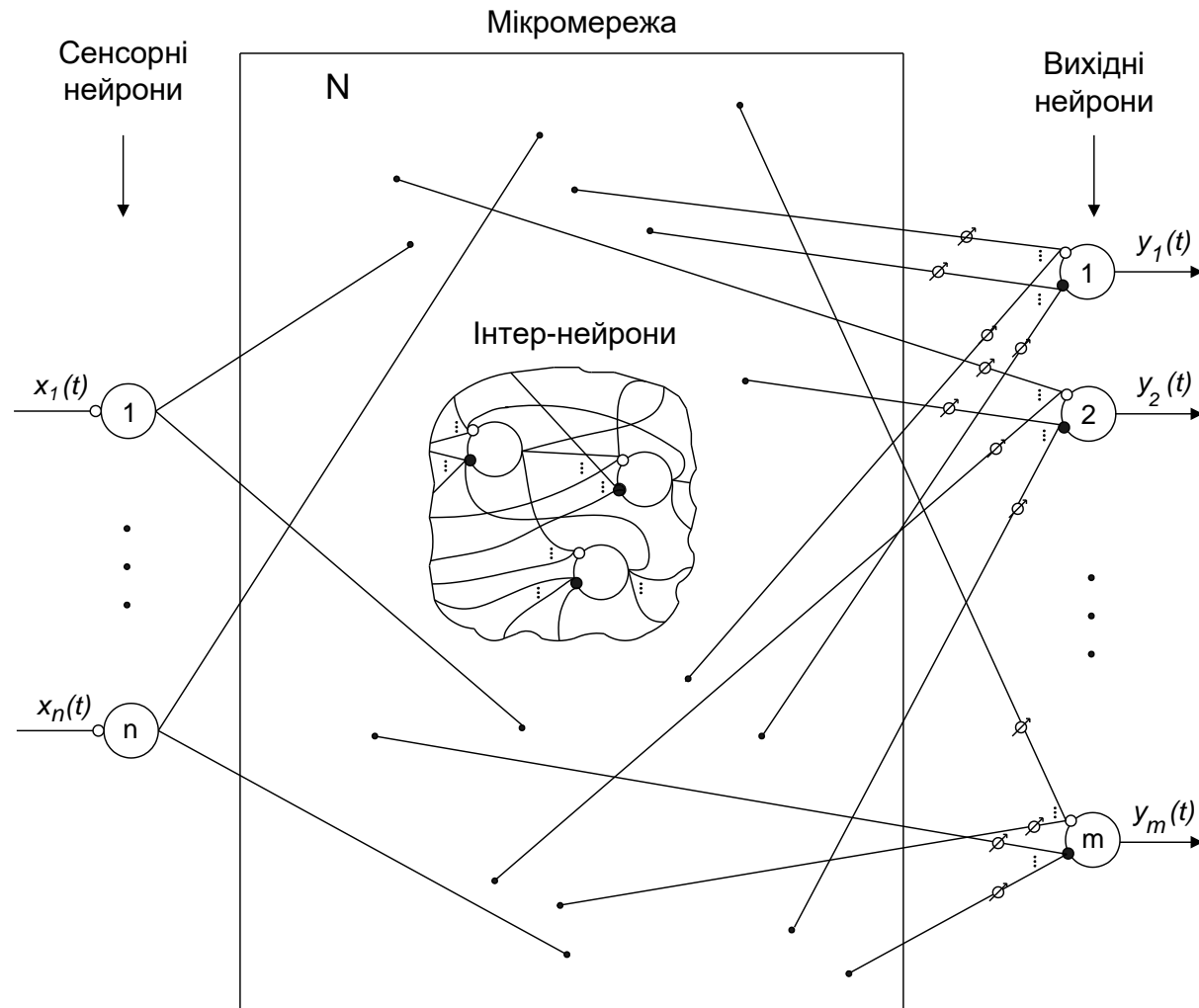
Математична модель імпульсного нейронного елемента



Формальная модель LIF-нейрона

$$v = \left[\Delta^{abs} + \tau_m \ln \frac{RI_0}{RI_0 - \mathcal{G}} \right]^{-1}$$

Структура імпульсної нейронної мережі



○ - збуджувальний вхід нейрона
∅ - синапс із настроюваною вагою

● - гальмівний вхід нейрона

Структура інформаційної технології розпізнавання смаків на основі імпульсної нейронної мережі



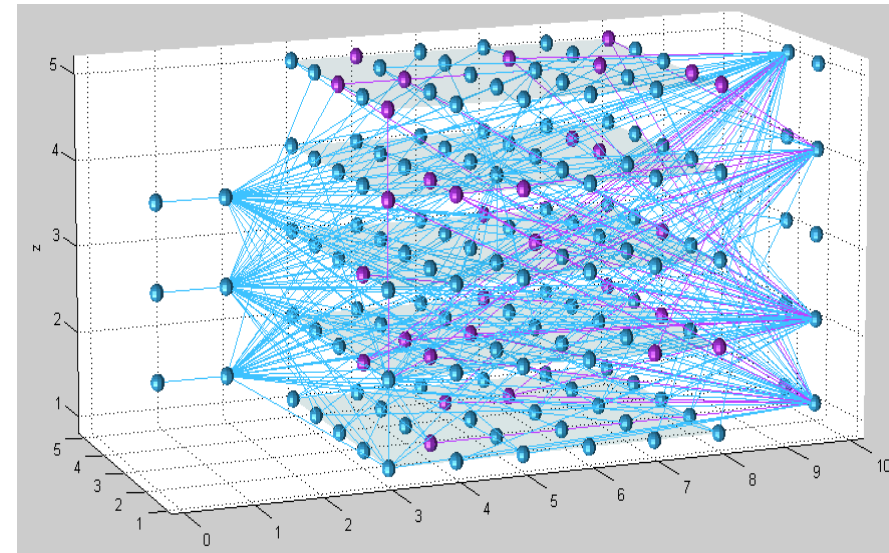
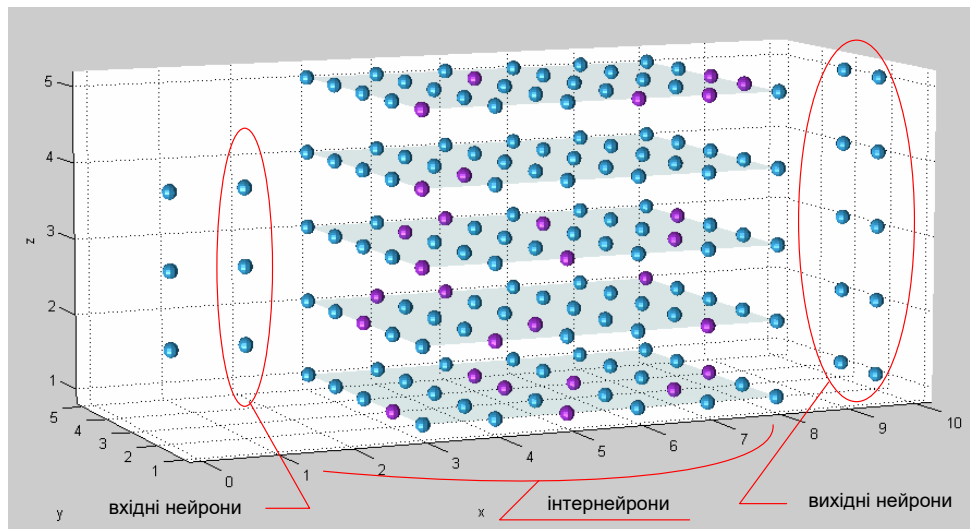
Алгоритм роботи програмного забезпечення розпізнавання смаків імпульсною нейронною мережею



РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ СМАКІВ

Середовище моделювання - CSIM: A Neural Circuit SIMulator (Version 1.1)

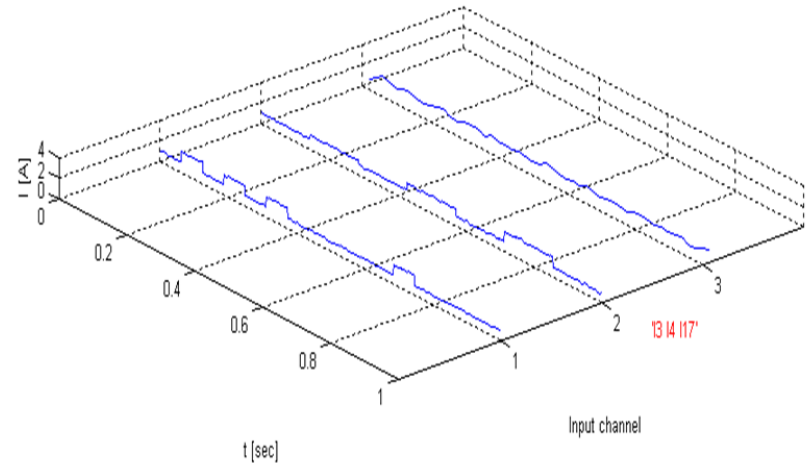
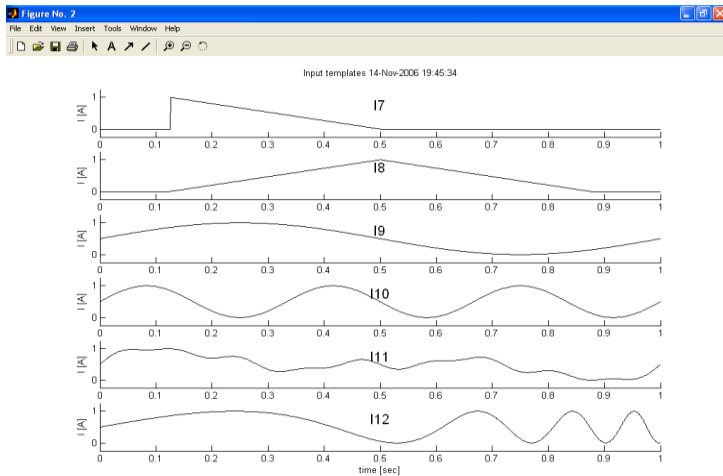
Є додатком до системи Матлаб, має внутрішню мову програмування



Параметри ІНМ: вхідних нейронів – 3
(по кількості сенсорів у давачі),
інтернейронів – 150 (6x5x5), вихідних
нейронів – 10 (по кількості газів, що
розпізнаються)

Структура ІНМ (показано зв'язки
тільки деяких нейронів)

Формування еталонних, навчальних та тестових сигналів



13 14 17'

13' to input channel 1:
 'amplify'
 Value: 0.002
 Distrib.: 0.002 +/- 0
 'noisy offset'
 Value: 0.00602 +/- 0.000205
 Distrib.: 0.006 +/- 0.0002 [A]
 dt = 0.01 [sec]

14' to input channel 2:
 'amplify'
 Value: 0.002
 Distrib.: 0.002 +/- 0
 'noisy offset'
 Value: 0.014 +/- 0.000184
 Distrib.: 0.014 +/- 0.0002 [A]
 dt = 0.01 [sec]

117' to input channel 3:
 'amplify'
 Value: 0.002
 Distrib.: 0.002 +/- 0
 'noisy offset'
 Value: 0.006 +/- 8.94e-005
 Distrib.: 0.006 +/- 0.0001 [A]
 dt = 0.01 [sec]

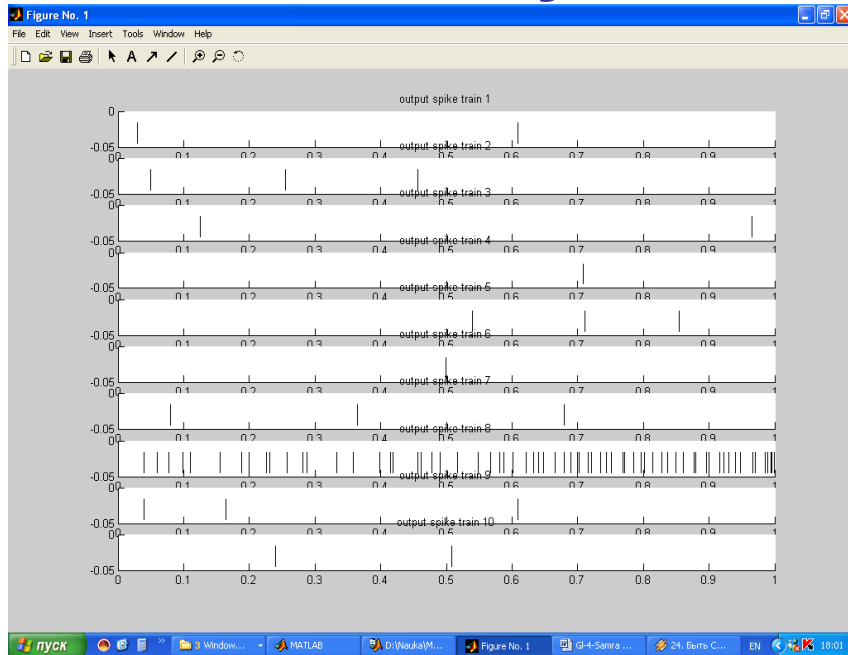
№ еталонної газової суміші	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вихід сенсора 1	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I1	I3	I5	I7
Вихід сенсора 2	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I2	I4	I6	I8
Вихід сенсора 3	I13	I14	I15	I16	I17	I18	I15	I17	I14	I9

Для кожної з 10 еталонних трійок сигналів (див. табл. 4.3) формується набір в кількості 200 трійок сигналів шляхом зсуву і масштабування як в часі, так і по амплітуді еталонних сигналів. Причому, величини зсувів і масштабувань вибираються випадковим чином із заданого діапазону. Якщо еталонний сигнал задається аналітично – $I = f(t)$, то зсув і масштабування можна подати формулою

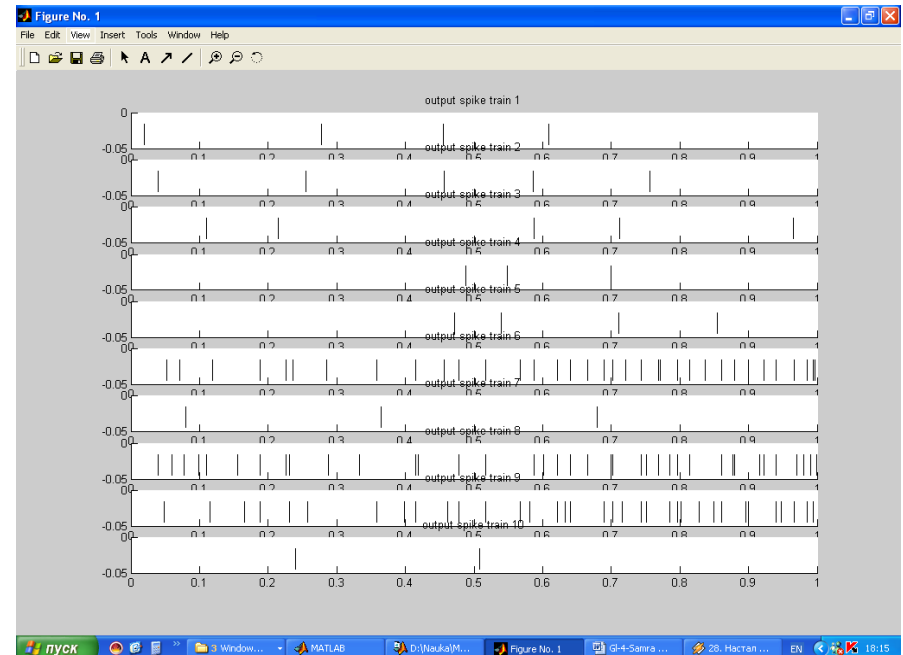
$$I = k \cdot f(p \cdot t + b) + a,$$

де t – час (аргумент функції); k – коефіцієнт масштабування по амплітуді; p – коефіцієнт масштабування за часом; a – коефіцієнт зсуву по амплітуді; b – коефіцієнт зсуву за часом. Коефіцієнти k , p , a , b є випадковими величинами і набувають значень із заданого діапазону.

Результати розпізнавання



Приклад сигналів вихідних нейронів при вірному розпізнаванні запаху № 8



Приклад сигналів вихідних нейронів при невірному розпізнаванні запаху № 8

Кількість наборів сигналів мультисенсорів до розпізнавання – 10
Навчальна вибірка – 1500 (по 150 для кожного набору)
Тестова вибірка – 500 (по 50 для кожного набору)

Достовірність розпізнавання сигналів із тестової вибірки

	№ еталона										Средня достовірність
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
При 5 % розкиді всіх коефіцієнтів	98	100	100	98	98	100	100	100	98	100	99,2
При 10 % розкиді всіх коефіцієнтів	96	98	96	98	96	96	98	100	96	98	97,4

Доведення досягнення мети

Таблиця 3.3 - Порівняння основних параметрів розробленої програми та програми-аналога

	Програма -аналог	Розроблена програма	Коефіцієнт покращення
Середня достовірність розпізнавання смаків, %	95	98,3	1,035 (на 3,3%)
Середній час розпізнавання смаків, мсек	240	130	1,85
Час навчання на розпізнавання 10 еталонних смаків (навчальна вибірка 500), сек	36	15	2,4

Із табл. видно, що розроблена програма має на 3,3% кращу достовірність розпізнавання (98,3%) порівняно із програмою-аналогом (95%), менший (в 1,85 рази) час розпізнавання смаків, а також менший (в 2,4 рази) час навчання нейронної мережі.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Було проведено економічне обґрунтування доцільності розробки програми для розпізнавання смаків за допомогою імпульсної нейронної мережі. Нова розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього. Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення показав, що рівень конкурентоспроможності розробки за показниками якості вищий базового товару-конкурента більше як в 2 рази. Загальна сума витрат на виконання робіт склала "143730,17" грн. Загальні витрати на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи – 169094,31 грн. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій - 2286217 грн, і це свідчить про те, що вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР є доцільним. Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій – 144 %, отже інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. Термін окупності - 0,69 року. В загальному можна зробити висновок, що фінансування розробки програми для розпізнавання смаків за допомогою імпульсної нейронної мережі є конкурентоспроможним та доцільним проектом

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ТА ПУБЛІКАЦІЇ

Апробація результатів роботи.

Результати досліджень апробовані на V МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ «Інформаційні технології та взаємодії» м. Київ, 20-21 листопада 2018 року

Публікації.

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тези доповідей на конференції та готується стаття у фаховий журнал.

ВИСНОВОК

В результаті виконання МКР розроблено інформаційну технологію та програмне забезпечення для розпізнавання смаків за допомогою імпульсної нейронної мережі.

Програмне забезпечення створено на внутрішній мові програмування MATLAB з використанням бібліотеки CSIM і має на 3,3% кращу достовірність розпізнавання (98,3%) порівняно із програмою-аналогом (95%) та менший в 1,85 рази час розпізнавання смаків. Отже, мета роботи досягнута.

Дякую за увагу!

Доведення досягнення мети

Підвищення швидкодії – звичайним нейроподібним системам розпізнавання смаків необхідно після закінчення періоду вимірювання сигналів мультисенсорів деякий час на видачу результату розпізнавання. За цей час система повинна виділити вектор ознак, подати його в нейронну мережу і почекати поки мережа зійдеться до якогось результату. Зазвичай це час від декількох мілісекунд до одиниць секунд залежно від обсягу мережі та продуктивності використовуваних обчислювальних засобів. У запропонованій інформаційній технології результат розпізнавання можна отримати ще до закінчення періоду вимірювання сигналів мультисенсорів по самій інтенсивній імпульсації на одному з вихідних нейронів,

спрощення процесу навчання - навчаються не всі нейрони мережі, а тільки вихідні нейрони,