

# КЛАСИФІКАЦІЯ ЗВУКІВ ПОСТРЛІВ НА ОСНОВІ СПАЙКІНГОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Магістерська дипломна робота  
122 – «Комп'ютерні науки»

Виконав студент гр. 1КН-18м Кюльян І.Г.  
Керівник: к.т.н., доц. Колесницький О.К.

# Об'єкт, предмет та мета дослідження

- Об'єкт дослідження - це процес класифікації звуків пострілів на основі спайкінгової нейронної мережі.
- Предмет дослідження – це методи та програмні засоби класифікації звуків пострілів.
- Мета дослідження – зменшення часу навчання спайкінгової нейронної мережі для класифікації звуків пострілів за рахунок удосконалення методу STDP (Spike Timing Dependent Plasticity).

# Актуальність

- Завдяки швидкому розвитку мікроконтролерів, появи дешевих датчиків та стрімкому розповсюдженню смартфонів кількість наявної аудіо інформації швидко зростає.
- Як результат, зростає необхідність в розвитку систем, спрямованих на обробку цієї інформації в автоматизованому режимі. Однією з важливих задач є задача класифікації звукових сигналів, яка важлива для сенсорних систем, які мають обробляти інформацію, що поступає з датчиків в реальному часі.
- Наразі існує велика кількість методів, що направлені на вирішення цієї задачі, проте не завжди вдається успішно проводити розпізнавання образів за допомогою обчислювальних засобів, заснованих на алгоритмічному функціонуванні.
- Тут на допомогу або навіть заміну традиційним методам приходять нейро-мережеві, основна відмінність яких полягає в тому, що з їх допомогою можна вирішувати неформалізовані завдання, для яких через ті або інші причини не існує детермінованих алгоритмів розв'язання

# Постановка задачі класифікації звуків пострілів на основі спайкінгової нейронної мережі

- Задача полягає у створенні програмного засобу, що буде класифікувати звуки пострілів на основі спайкінгової нейронної мережі. Такий програмний засіб може стати корисним для значного полегшення життя людей, наприклад за рахунок зменшення часу реакції служб у випадку небезпечних ситуацій, або впровадження певних систем «розумних» домашніх помічників, що реагують на певні типи звуків, наприклад, на дзвінок у двері, або дзвін розбитого вікна, або крик у під'їзді.
- Користувачем даної програми є людина, котрій необхідно класифікувати сильно-корельовані звуки пострілів у реальному часі. Програмний засіб забезпечує швидкий та порівняно точний спосіб класифікувати звук пострілу та навчити мережу на власному наборі даних.

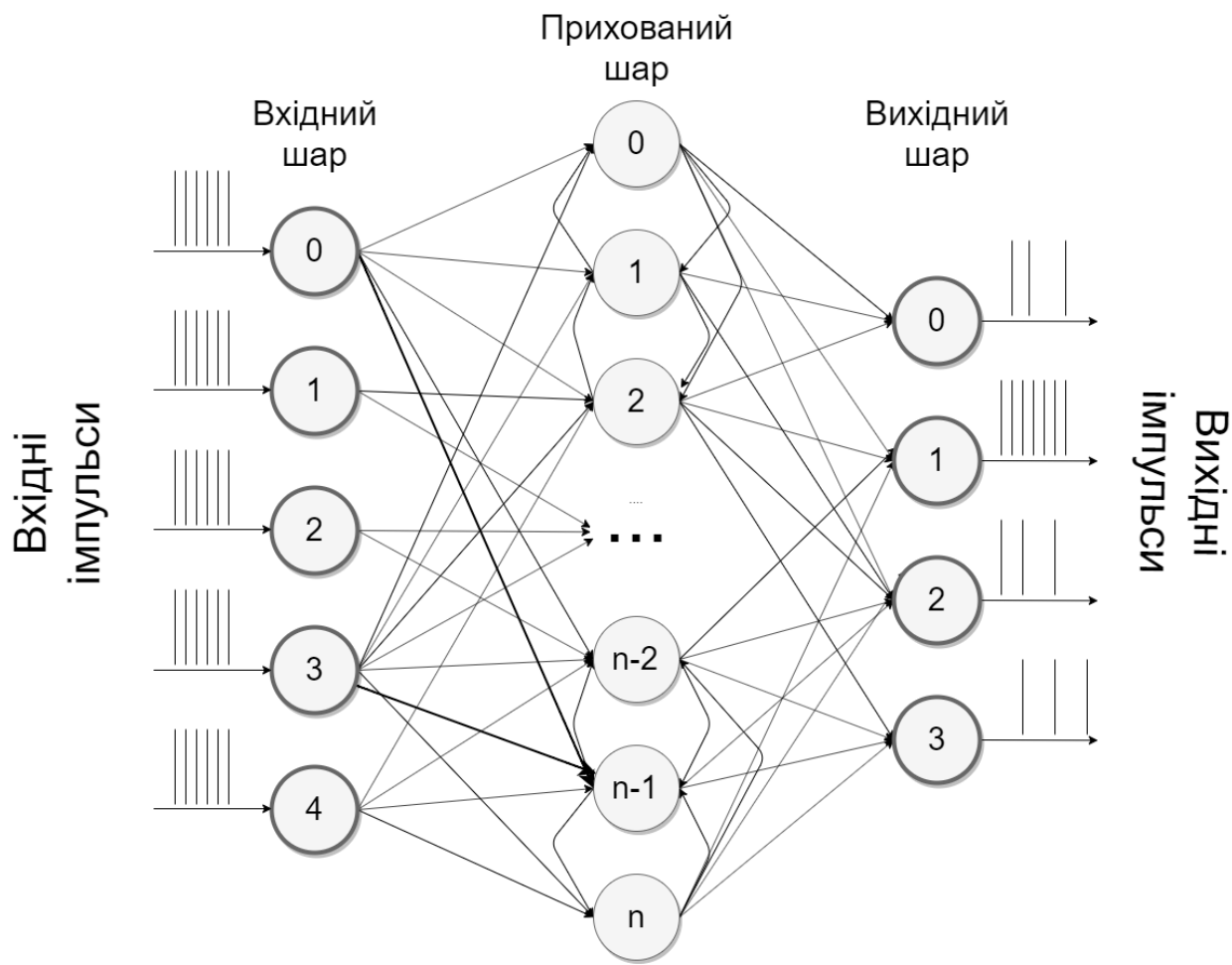
# Аналіз відомих методів класифікації звуків

Існуючі методи класифікації звуків можна розділити на такі види:

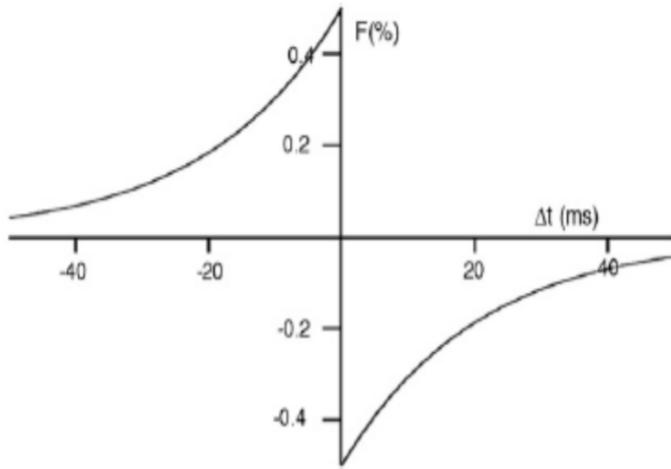
- з використанням перетворення Фур'є (ПФ);
- з використанням вейвлет-перетворення (ПВ);
- з використанням прихованих марковських моделей (ПММ);
- з використанням штучних нейронних мереж (ШНМ).

Аналіз існуючих методів класифікації звуків показав, що більшість статистичних методів програють в ефективності нейро-мережевим методам.

# Структура спайкінгової нейронної мережі



# Метод навчання спайкінгової нейронної мережі



Залежність величини зміни ваги синапсу від різниці у часу між пост-синаптичних і пре-синаптичним спайком

Було вирішено обрати як метод навчання модифіковане правило Хебба (STDP) та удосконалити його таким чином, щоб зменшити загальний час навчання.

$$\Delta w = \eta(x_{pre} - x_{tar})(w_{max} - w)^\mu \quad (1)$$

Формула (1) гарантує, що той синапс, який рідко призводить до спрацьовування нейрона, буде все більше і більше знижувати свою вагу.

# Метод навчання спайкінгової нейронної мережі

## УДОСКОНАЛЕННЯ

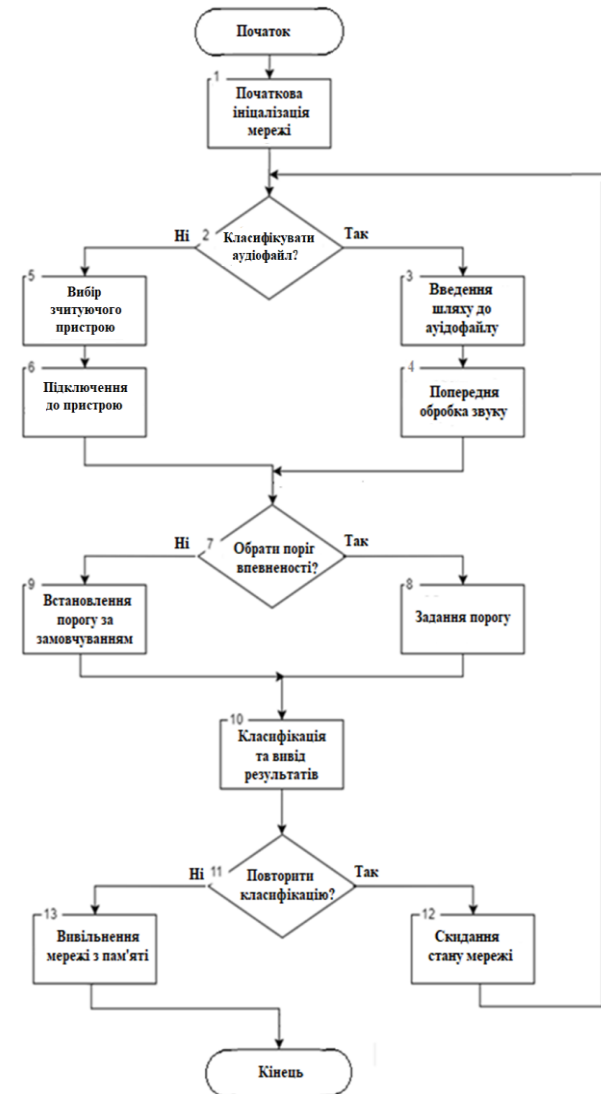
- В даній роботі пропонується удосконалити метод такими чином, щоб збуджуючі нейрони зв'язувались з класами не після всього процесу навчання, а вже після перших кількох епох. Таким чином вихідним нейронам можна буде присвоїти мітки класів вже після декількох епох.
- Також пропонується ввести «учителя» в роботу даного алгоритму. Завдяки тому, що після першої епохи, ми вже зв'язали вихідні нейрони з класами, ми можемо ввести певне правило (2), що буде давати «нагороду» тим нейронам, на яких правильно генеруються імпульси, тобто тим, з яких прийшов імпульс на вихідний нейрон з відповідною міткою класу, екземпляр якого був поданий на вхід мережі.

$$H = \frac{1}{2} \sum_{\tau \in \vartheta_{out}} (Z(\tau) - Z^*(\tau))^2 \quad (2)$$



# Загальний алгоритм роботи програмного засобу

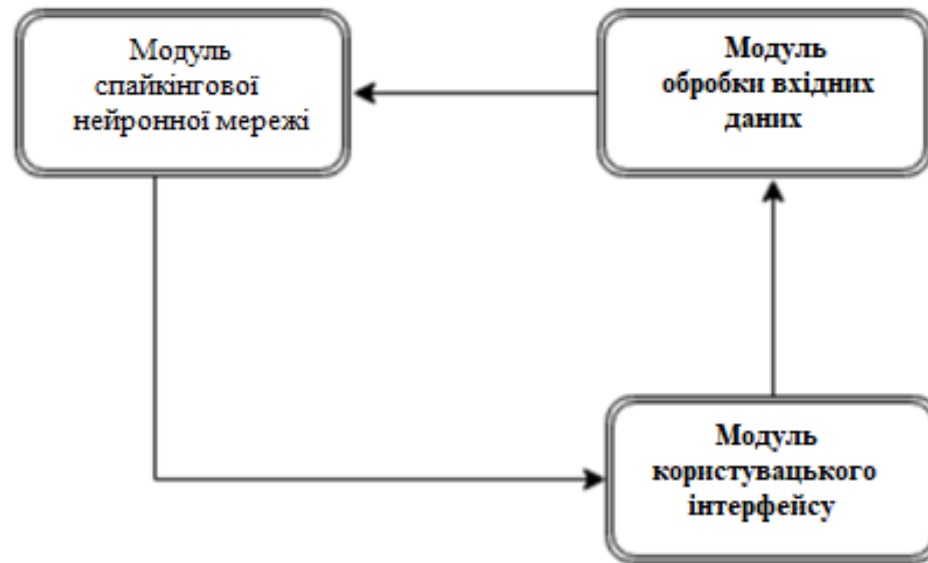
- 1 – Початкова ініціалізація програми;
- 2 – Користувачем обирається варіант класифікації нового аудіофайлу або раніше вже обробленого, якщо новий аудіо файл, то перехід на крок 3, інакше перехід на крок 5;
- 3 – Введення шляху до нового аудіофайлу;
- 4 – Відбувається попередня обробка аудіофайлу та форматування вхідних даних;
- 5 – Введення шляху до попередньо оброблених даних;
- 6 – Зчитування даних та форматування вхідних даних;
- 7 – Користувачем обирається поріг впевненості класифікації, якщо обрано, то перехід на крок 8, інакше – на крок 9;
- 8 – Задання користувацького порогу впевненості в класифікаторі;
- 9 – Задання порогу впевненості за замовчуванням в класифікаторі;
- 10 – Відбувається процес класифікації та вивід результатів;
- 11 – Користувачем обирається чи виконати ще одну класифікації, якщо обрано так, то перехід на крок 12, інакше – на крок 13;
- 12 – Скидання минулого стану мережі та перехід на крок 2;
- 13 – Вивільнення мережі з пам'яті та завершення програми.



# Обґрунтування вибору мови та середовища програмування

- В результаті порівняльного аналізу об'єктно-орієнтованих мов на основі об'єктивних переваг було обрано мову програмування Kotlin розроблену компанією JetBrains. Використання корутин якнайкраще підходить для комп'ютерного моделювання поведінки спайкінгових нейронних елементів.
- Після аналізу існуючих середовищ програмування для обраної мови та платформи було обрано середовище програмування IntelliJ IDEA, яке підтримується розробниками мови Kotlin та має зручний графічний інтерфейс.

# Проектування основних модулів програмного засобу



Загальна структура програмного засобу для класифікації звуків пострілів на основі спайкінгової нейронної мережі

## Приклад роботи програмного засобу

```
root@max-System-Product-Name:~# ./classifier
Initializing network...
Select Mode(f - file, r- reader): f
Enter file path: dataset/handgun/audio/handgun_001.mp3
Reading file dataset/handgun/audio/handgun_001.mp3
Creating inputs...
Classifying..
Result: Handgun 93%, time spent 53 ms
root@max-System-Product-Name:~# █
```

# Тестування та аналіз результатів роботи програмного засобу

Таблиця 1 – Порівняння методів навчання

Метод № навчання	STDP	Удосконалений STDP
	Кількість епох (F1=0.965)	
1	201	153
2	220	164
3	200	170
4	204	166
5	205	157
6	210	169
7	213	165
8	207	171
9	211	182
10	209	158
Середнє значення	204	165

Як видно з таблиці, застосування удосконаленого методу STDP зменшує кількість епох навчання в середньому зменшує час навчання на **20%**.

# Економічна частина

- Приведена вартість всіх чистих прибутків ПП = 427500 грн
- Абсолютна ефективність від впровадження результатів розробки протягом 3-х років складе 317293,89 грн
- Відносна ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_v = 124\%$
- Термін окупності системи, що розробляється складає 0.8 року, що вписується в задані у ТЗ часові рамки та вказує на доцільність розробки

# Висновки

- В результаті виконання магістерської дипломної роботи розроблено метод класифікації звуків пострілів на основі спайкінгової нейронної мережі.
- Було розроблено алгоритму роботи програмного засобу, на основі якого було реалізовано програмний засіб класифікації звуків пострілів на основі спайкінгової нейронної мережі за допомогою мови програмування Kotlin та середовища розробки IntelliJ IDEA.
- Відібрано навчальну та тестову вибірку аудіофайлів, що дозволило в повній мірі продемонструвати можливості спайкінгової нейронної мережі класифікувати звуки пострілів.
- Тестування показало, що удосконалений метод навчання зменшує час навчання спайкінгової нейронної мережі в середньому на 20% порівняно зі звичайним методом STDP.
- В результаті виконання даної кваліфікаційної дипломної роботи поставлені задачі були виконані в повній мірі. Отже, мета магістерської роботи досягнута.

Дякую за увагу!