

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки

*Кваліфікаційна робота*

## **Розробка та оптимізація методів розпізнавання жестів у мобільних системах**

Виконав:  
студент гр. СПм-22-5  
Зубенко С.П.

Керівник:  
ст. викл. каф. ЕОМ  
Сорокін А.Р.

### **Мета та завдання роботи**

**2**

**Метою кваліфікаційної роботи** є дослідження методів розпізнавання жестів у мобільних системах допомогою методів машинного навчання, зокрема штучних нейронних мереж типу карт Кохонена.

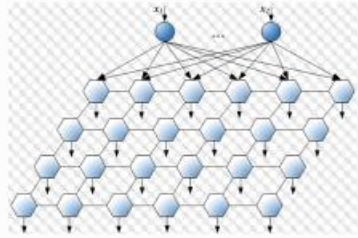
**Об'єктом дослідження** є карти Кохонена з модифікованою структурою для завдань розпізнавання жестів.

**Завдання:**

- дослідження методів кластеризації даних для розпізнавання жестів;
- дослідження методів машинного навчання;
- дослідження алгоритму роботи класичної моделі нейронної мережі Кохонена, його недоліків і існуючих способів їх усунення;
- розробка методу удосконалення апарату нейронної мережі Кохонена для усунення недоліків мереж цього типу: граничного ефекту і появи "мертвих" нейронів;
- проведення моделювання з використанням розробленого методу.

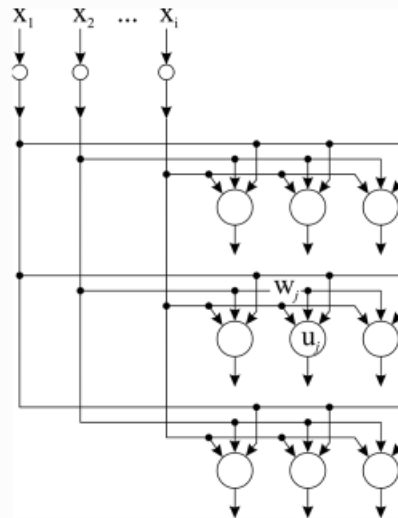
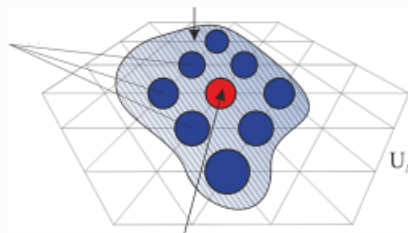
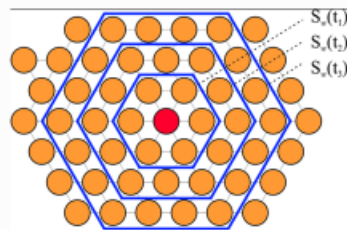
### Класична модель карти Кохонена при вирішенні завдання розпізнавання жестів

3



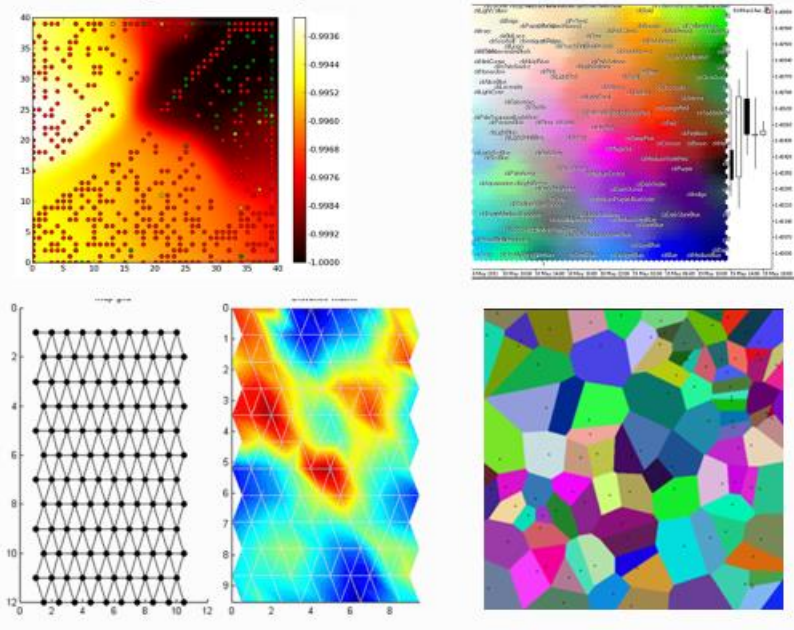
### Класичний алгоритм навчання карти Кохонена

4



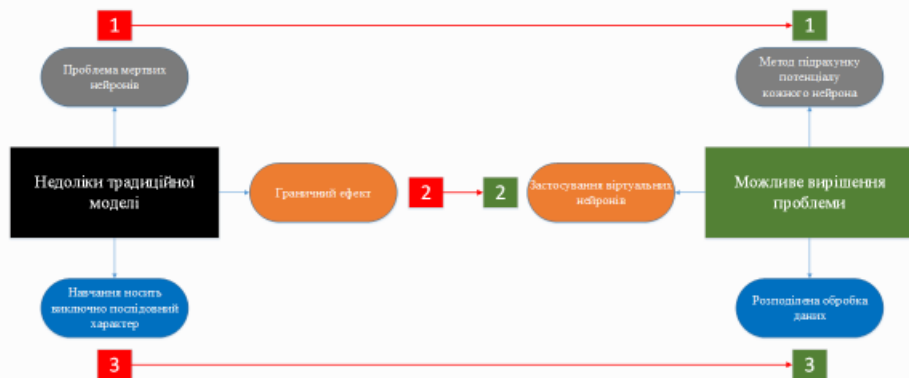
## Побудова візуальних топографічних карт

5

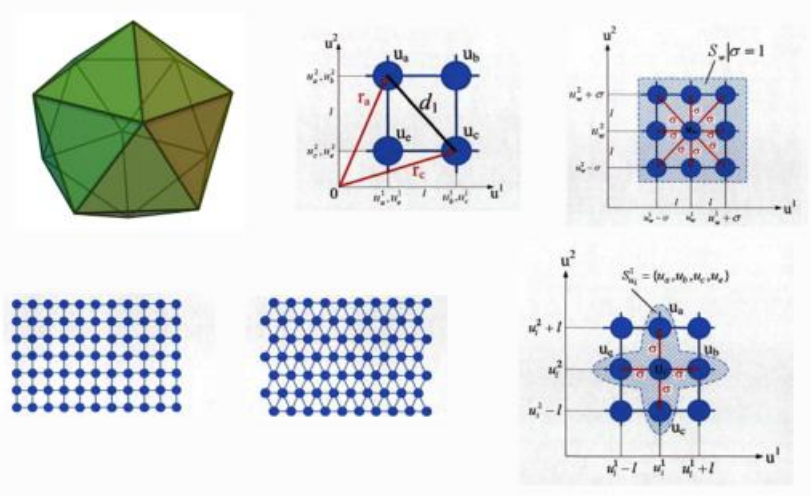


## Проблеми застосування класичної моделі карти Кохонена

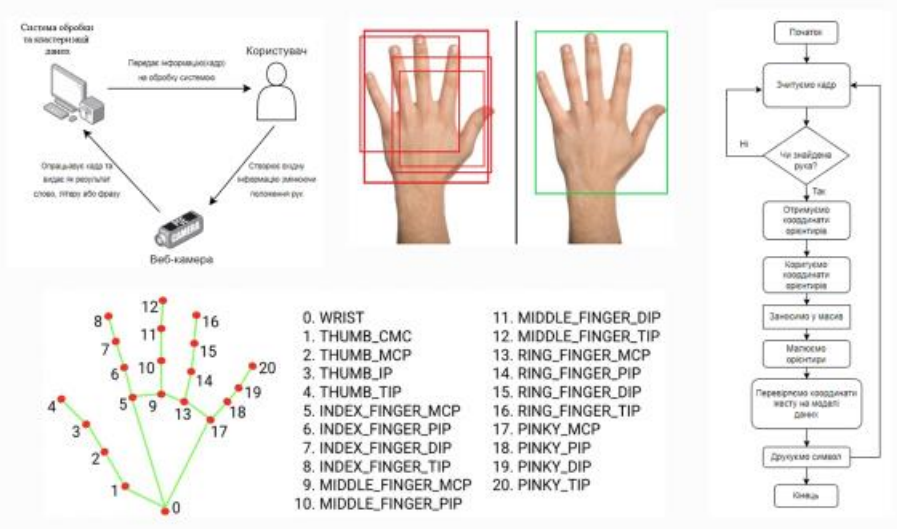
6



## Метод модифікації класичного апарату карт 7 Кохонена



## Процес розпізнавання жестів з вебкамери з 8 використанням машинного навчання



## Моделі карт Кохонена з замкнутою решіткою

9

$$u_{\max}^2 = \arg \max_{i \in [1, N]} \{u_i^2\}$$

$$u_{\min}^2 = \arg \min_{i \in [1, N]} \{u_i^2\}$$

$$\hat{S}_{u_i}^1 = S_{u_i}^{\prime 1} \cup S_{u_i}^{\prime\prime 1} \cup S_{u_i}^1 | u_i \in U_N, i = 1, \dots, N$$

$$S_{u_i}^{\prime 1} = \{u_j = (u_k^1, u_{\max}^2) \in U_N | u_k^1 \in [u_{\min}^1, u_{\max}^1], u_i^2 = u_{\max}^2, i \in [1, N]\}$$

$$S_{u_i}^{\prime\prime 1} = \{u_j = (u_k^1, u_{\min}^2) \in U_N | u_k^1 \in [u_{\min}^1, u_{\max}^1], u_i^2 = u_{\min}^2, i \in [1, N]\}$$

$$\tilde{S}_{u_i}^1 = S_{u_i}^{\prime 1} \cup S_{u_i}^{\prime\prime 1} \cup S_{u_i}^1 | u_i \in U_N, i = 1, \dots, N$$

$$S_{u_i}^{\prime 1} = \{u_j = (u_{\max}^1 - u_i^1, u_{\max}^2) \in U_N | u_i^2 = u_{\max}^2, i = 1, \dots, N\}$$

$$S_{u_i}^{\prime\prime 1} = \{u_j = (u_{\max}^1 - u_i^1, u_{\min}^2) \in U_N | u_i^2 = u_{\min}^2, i = 1, \dots, N\}$$

## Ефективність навчання. Оцінка точності квантування мережі

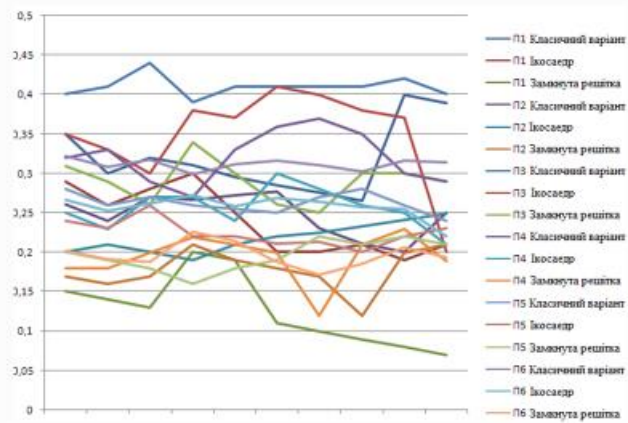
10

Кількість кроків навчання	Помилка квантування		
	Класична мережа, $E_{q1}$	Замкнута мережа, $E_{q2}$	Співвідношення $E_{q1} / E_{q2}$
10	0.094	0.041	2.293
30	0.159	0.037	4.251
50	0.155	0.036	4.270
100	0.136	0.036	3.747
200	0.119	0.036	3.324

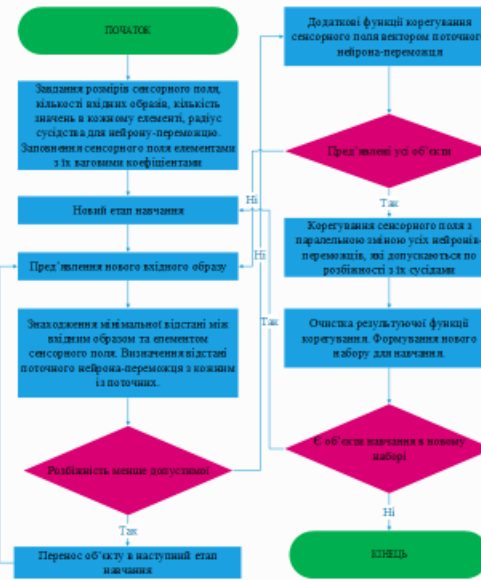
## Ефективність навчання. Ентропія мережі як оцінка якості навчання 11

Кількість кроків навчання	Ентропія		
	Класична мережа, $H_1$	Замкнута мережа, $H_2$	Відхилення, % $(H_2/H_1 - 1) * 100\%$
10	6.811	9.516	2.293
30	6.311	9.588	4.251
50	7.247	9.617	4.270
100	8.049	9.632	3.747
200	8.632	9.606	3.324

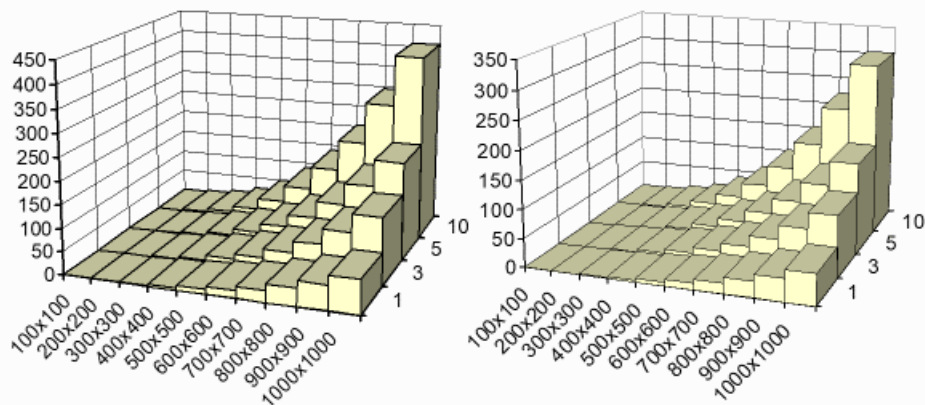
## Графік залежності від величини помилки від обраного варіанта навчання для всіх параметрів 12



### Блок-схема алгоритму навчання модифікованої карти Кохонена 13

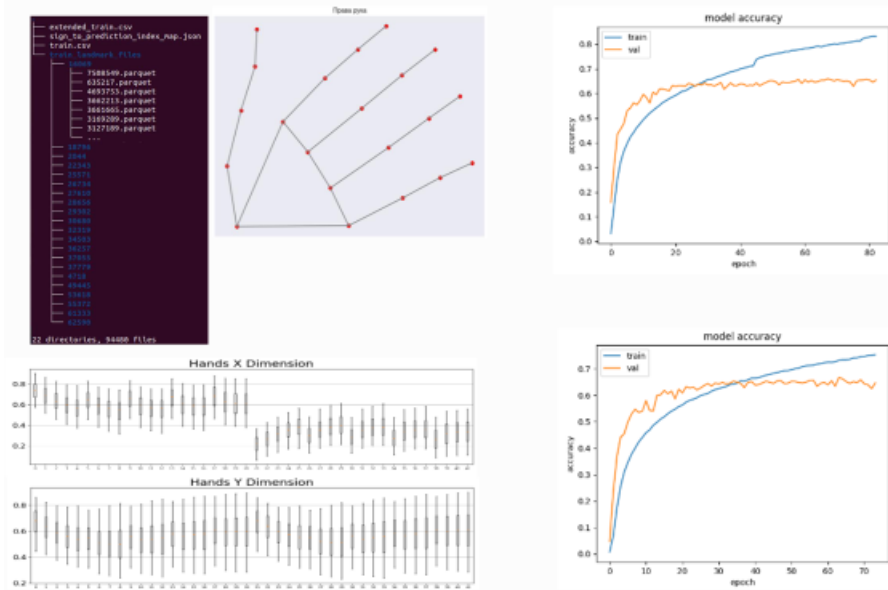


### Порівняльний аналіз навчання традиційного та модифікованого варіантів навчання карт Кохонена 14



15

## Результати роботи



16

## Висновки

Досліджено ефективність кластеризації даних для розпізнавання жестів в мобільних системах за допомогою методів машинного навчання. Проведено дослідження методів кластеризації даних та методів машинного навчання. Особливу увагу приділено штучним нейронним мережам, зокрема картам Кохонена. Розроблено метод вдосконалення кластеризації даних за рахунок змін в решітці класичного апарату мереж Кохонена шляхом усунення недоліків мереж цього типу: граничного ефекту і появи "мертвих" нейронів. Проведено моделювання з використанням розробленого методу.

## ДОДАТОК Б

### Апробація

УДК 004.9

doi: 10.26906/SUNZ.2023.1.075

В.О. Дяченко, С.П. Зубенко, А.С. Лубан, В.М. Федорченко

Харківський національний технічний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

#### МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

**Анотація.** **Актуальність.** Спеціалізовані інтегральні схеми (ASIC) є ключовими компонентами для систем управління роботами, оскільки вони забезпечують високу продуктивність і ефективність обробки. Використовуються для обробки даних з сенсорів, таких як камери, лідари та інші датчики. Вони забезпечують швидку і точну обробку сигналів, необхідних для навігації та виявлення об'єктів. ASIC можуть бути налаштовані для управління різними двигунами. Вони забезпечують точне і швидке керування рухами роботів, що є критично важливим для промислових роботів і роботів-маніпуляторів. Також забезпечують високошвидкісну передачу даних між різними модулями системи робототехніки. Це можуть бути інтерфейси для зв'язку між процесорами, сенсорами та актуаторами. ASIC використовуються для оптимізації споживання енергії, що є важливим аспектом для мобільних роботів та безпілотних апаратів, які працюють на акумуляторах. В деяких випадках ASIC спеціалізуються на виконанні алгоритмів машинного навчання і нейронних мереж, що дозволяє роботам здійснювати складні завдання, такі як розпізнавання об'єктів та прийняття рішень в реальному часі. ASIC розробляються для виконання конкретних завдань, що дозволяє значно підвищити їх продуктивність у порівнянні з універсальними процесорами. Це особливо важливо для систем управління роботами, де необхідна швидка обробка даних у реальному часі. Спеціалізовані схеми споживають менше енергії порівняно з універсальними рішеннями, оскільки вони оптимізовані для виконання конкретних функцій. Це критично важливо для автономних роботів і пристроїв, що працюють на батареях. ASIC дозволяють зменшити розміри системи за рахунок високого рівня інтеграції компонентів. Це сприяє створенню компактних робототехнічних рішень, які можуть бути використані в функціонуванні мобільних роботів. Спеціалізовані інтегральні схеми забезпечують високий рівень надійності та безпеки, оскільки вони спроектовані для роботи у визначених умовах та з конкретними завданнями. Це зменшує ризик виникнення помилок або збоїв у роботі системи. Для великих обсягів виробництва розробка і використання ASIC може бути економічно вигіднішою, оскільки вона дозволяє знизити вартість одного чіпа завдяки масштабованому виробництву. Використання ASIC дозволяє швидше впроваджувати нові технології та алгоритми, оскільки спеціалізовані рішення можуть бути швидко адаптовані для підтримки нових функцій і можливостей. Всі ці фактори роблять розробку ASIC актуальною та надає можливість створювати унікальні архітектури, які максимально відповідають вимогам конкретних систем управління, що забезпечує їх оптимальну роботу. **Метою даної роботи** є дослідження існуючих методів та інструментів розробки спеціалізованих інтегральних схем для мобільних систем управління. **Об'єктом дослідження** є функціонування спеціалізованих інтегральних схем. **Предметом дослідження** є методи забезпечення енергоефективності спеціалізованих інтегральних схем. **Результати.** Проведено аналіз існуючих методів та інструментів розробки спеціалізованих інтегральних схем для мобільних систем управління. Використання ASIC для обробки сигналів і зображень у робототехніці дозволяє досягати високої продуктивності, ефективності та точності, що є критично важливим для багатьох застосувань. Це забезпечує роботам можливість швидко і точно реагувати на зміни в навколишньому середовищі та виконувати складні завдання з високою ефективністю. При управлінні рухом досягається висока точність, ефективність та надійність систем управління, а також відкриває нові можливості для створення більш складних і функціональних роботизованих систем, здатних виконувати широкий спектр завдань у різних галузях, включаючи промисловість, медицину, транспорт і побутові застосування. Хоча ASIC не є універсальними у звичайному розумінні, вони забезпечують високу продуктивність, енергоефективність і надійність для специфічних завдань. У додатках з визначеними вимогами і великими обсягами виробництва, де висока продуктивність і енергоефективність є критичними, використання ASIC є виправданим і ефективним рішенням. Для інших випадків можуть бути доцільними гібридні підходи, що поєднують переваги ASIC і універсальних рішень, таких як FPGA або універсальні процесори.

**Ключові слова:** ASIC, EDA, FPGA, Synopsys, енергоефективність, машинне навчання, робототехніка, мобільні системи управління, Mentor Graphics.

#### Вступ

Розробка спеціалізованих інтегральних схем [1] (ASIC) для мобільних систем управління вимагає особливих методів і підходів через обмеження, такі як розмір, енергоспоживання [2] та вимоги до продуктивності. Вона містить включення декілька основних методів та етапів, які забезпечують ефективність, компактність і низьке енергоспоживання: аналіз вимог, архітектурне проектування, моделювання та симуляцію, синтез і оптимізацію, фізичне проектування, верифікацію та тестування, енергоменеджмент, інтеграцію та

тестування системи, термінальні та фізичні випробування, зворотній зв'язок та вдосконалення. Ці методи дозволяють створювати ефективні, компактні і енергоефективні спеціалізовані інтегральні схеми для мобільних систем управління [3], забезпечуючи їх надійність і високу продуктивність. Для реалізації цих методів використовуються інструменти автоматизованого проектування (EDA), такі як Synopsys, Cadence, Mentor Graphics, які забезпечують всі необхідні етапи від концептуального проектування до фізичної реалізації і тестування чіпів. Ці інструменти є критично важливими для розробки ASIC. Вони