

**Кожем'яко А.В.  
Мартинюк Т.Б.  
Павлов С.В.  
Крупельницький Л.В.  
Войцеховська О.В.**

## **ДВОВИМІРНА СИСТОЛІЧНА СТРУКТУРА ДЛЯ ОБРОБКИ МАТРИЦІ ЕЛЕМЕНТІВ ДИСКРИМІНАНТНИХ ФУНКЦІЙ**

Вінницький національний технічний університет

**Анотація:** У роботі досліджено особливості систолічної архітектури та проаналізовано перспективи її використання для паралельної обробки матриць елементів лінійних дискримінаційних функцій у задачах розпізнавання образів. Результати дослідження підтверджують доцільність застосування систолічних структур для обробки матриць у задачах класифікації та їх потенціал для інтеграції зі штучними нейронними мережами. Крім того, запропонована архітектура може бути реалізована на програмованих логічних інтегральних схемах, що значно підвищує швидкість обробки даних у інтелектуальних системах класифікації.

**Ключові слова:** систолічна структура, дискримінантна функція, розпізнавання образів, інтелектуальна система.

### **Вступ**

Розпізнавання образів є ключовою задачею в сучасних інтелектуальних системах, що вимагає ефективних методів обробки значних масивів даних. Актуальність тематики пов'язана із необхідністю задовільнити потребу в сучасних методах аналізу даних та розпізнавання образів зі зростаючими вимогами до швидкості обробки даних у багатьох прикладних областях (медицина, фінанси, обробка сигналів, автономні системи керування, робототехніка тощо). Одним із можливих варіантів є двовимірні систолічні структури, які застосовуються як потужний інструмент для паралельної обробки матричних даних, забезпечуючи високу продуктивність завдяки регулярній топології та локальному обміну даними [1].

Метою роботи є аналіз реалізації на систолічній структурі процесу обробки двовимірних даних для задач класифікації та визначення можливості їх апаратної реалізації із застосуванням нейромережевої організації.

### **Результати дослідження**

В роботі розглядається використання лінійних дискримінаційні функції (ЛДФ) для задачі класифікації, що дозволяє зменшити розмірність даних в процесі обробки та виділяти ключові ознаки для подальшого аналізу [2]. Запропонований підхід базується на передачі даних через систолічний масив процесорних елементів, що забезпечує ефективне виконання лінійних комбінацій, характерних для ЛДФ [3]. Це дозволяє виконати проєкцію на штучні нейронні мережі (ШНМ), як перспективну обчислювальну структуру для реалізації класифікації об'єктів в інтелектуальних системах різного призначення. Крім того, це дозволяє створити апаратну реалізацію такої системи на сучасній елементній базі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Така архітектура має переваги у швидкості обробки порівняно з традиційними послідовними методами. Таким чином, дослідження спрямовано на створення гібридного рішення, яке поєднує паралелізм систолічної організації та розподілену обробку даних для задач розпізнавання образів.

Такий підхід пропонує використання систолічного масиву ПЕ з локальними зв'язками, причому обчислювальні операції виконуються паралельно по всіх ПЕ і синхронізуються по циклах/ітераціях. Це є формою масивно-паралельної обробки на 2D масиві, що тісно пов'язана з систолічними принципами, особливо з акцентом на регулярність структури та локальність операцій.

### **Висновок**

Поєднання систолічної організації обчислювальної структури із застосуванням ЛДФ відкриває нові можливості для оптимізації обчислень у задачах, пов'язаних із матричними операціями, такими як визначення ознак чи обчислення вагових коефіцієнтів. Такий підхід демонструє можливість

застосування матричних структур для задач класифікації, що може бути застосовано для систолічної обробки та підвищення паралелізму операцій над елементами матриці ЛДФ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Т. Б. Мартинюк, А. В. Кожем'яко & Л. М. Куперштейн, «Особливості реалізації ітераційних алгоритмів багатооперандної обробки на систолічних масивах», *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, №2(4), с.123-132. 2002.
2. T.B. Martyniuk, L. M. Kupershtein, A. V. Medvid, A. V. Kozhemiako, W. Wojcik, and O. Yuchshenko "Applications of discriminant analysis methods in medical diagnostics", *Proc. SPIE* 8698, in *Optical Fibers and Their Applications 2012*, 86980G (11 January 2013); <https://doi.org/10.1117/12.2019733>
3. Т.Б. Мартинюк, А.В. Кожем'яко, та Л.М. Куперштейн, «Властивості матриці елементів дискримінантних функцій», *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. № 3. с. 202-204. 2015. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu\\_tekh\\_2015\\_3\\_38](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2015_3_38)

**Кожем'яко Андрій Вікторович** – к. т. н., доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kvantron@vntu.edu.ua](mailto:kvantron@vntu.edu.ua).

**Мартинюк Тетяна Борисівна** – д. т. н., професор, професор кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [martyniuk.t.b@gmail.com](mailto:martyniuk.t.b@gmail.com).

**Павлов Сергій Володимирович** – д. т. н., професор, професор кафедри біомедичної інженерії та оптоелектронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [psv@vntu.edu.ua](mailto:psv@vntu.edu.ua).

**Крупельницький Леонід Віталійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [krupost@gmail.com](mailto:krupost@gmail.com).

**Войцеховська Олена Валеріївна** – к.т.н., доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Kozhemiako A.V.**

**Martyniuk T.B.**

**Pavlov S.V.**

**Krupelnitskyi L.V.**

**Voitsekhovska O.V.**

## TWO-DIMENSIONAL SYSTOLIC STRUCTURE FOR PROCESSING OF THE ELEMENTS MATRIX OF DISCRIMINANT FUNCTIONS

Vinnitsia National Technical University

**Abstract:** The paper examines the features of systolic architecture and analyzes its prospects for parallel processing of matrix elements of linear discriminant functions in pattern recognition tasks. The obtained results indicate the feasibility of using systolic structures for processing matrices of elements in classification tasks and their potential application in artificial neural networks. This architecture can be implemented on programmable logic devices, enhancing the speed of information processing for data classification in intelligent systems.

**Keywords:** *systolic structure, discriminant function, pattern recognition, intelligent system.*

**Kozhemiako Andrii** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Computer Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [kvantron@gmail.com](mailto:kvantron@gmail.com)

**Martyniuk Tatiana** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Computer Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [martyniuk.t.b@gmail.com](mailto:martyniuk.t.b@gmail.com).

**Pavlov Serhii** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [psv@vntu.edu.ua](mailto:psv@vntu.edu.ua).

**Krupelnitskyi Leonid** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Computer Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia

**Voitsekhovska Olena** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Computer Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia