



УДК 004.032.26

Член-кореспондент НАН України В. В. Грицик, В. В. Грицик,  
А. М. Зозуля

**Високоєфективні класи алгоритмів  
та високопродуктивних систем, що реалізують  
синхронні інтерактивні мережі систолічними  
матрицями опрацювання даних**

*Визначено високопродуктивні обчислювальні системи, що реалізують синхронні інтерактивні мережі систолічними матрицями опрацювання даних. Запропоновано принцип реалізації реальною часу на НВІС, орієнтованих на розв'язання задач комп'ютерного зору в різних галузях.*

**Ключові слова:** реальний час обробки інформації, систолічні матриці опрацювання даних.

У роботі [1] досліджено теорію автоматичної обробки даних, а в роботах [2, 3] проведені розробки однорідних систем, структур і середовищ.

У зв'язку з необхідністю розв'язання широкого класу задач у напрямку реалізації комп'ютерного зору в інформаційно-аналітичних системах реального часу в останні роки зростає потреба створення принципово нових проблемно-орієнтованих і спеціалізованих структур високої продуктивності та ефективності. Особливо це стосується досліджень задач великої розмірності, розпізнавання та класифікації зображень (задач комп'ютерного зору) [4]. Одним із важливих напрямків організації обробки даних є опрацювання інформації на основі однорідних обчислювальних середовищ систолічного типу, налаштованих для реалізації програмно-логічних інтегральних схем (ПЛІС) [2–8].

Нижче запропоновано схему мультиконвеєрних обчислювальних систем (МКОС) з однорідною структурою для задач систем комп'ютерного зору, елементи якої наведені на рис. 1–3 [3, 4, 8].

Ця розробка складається з двох основних частин: матриці обчислювальних комірок (МОК) і матриці запам'ятовуючих комірок (МЗК), які розміщені згідно з периметром ма-

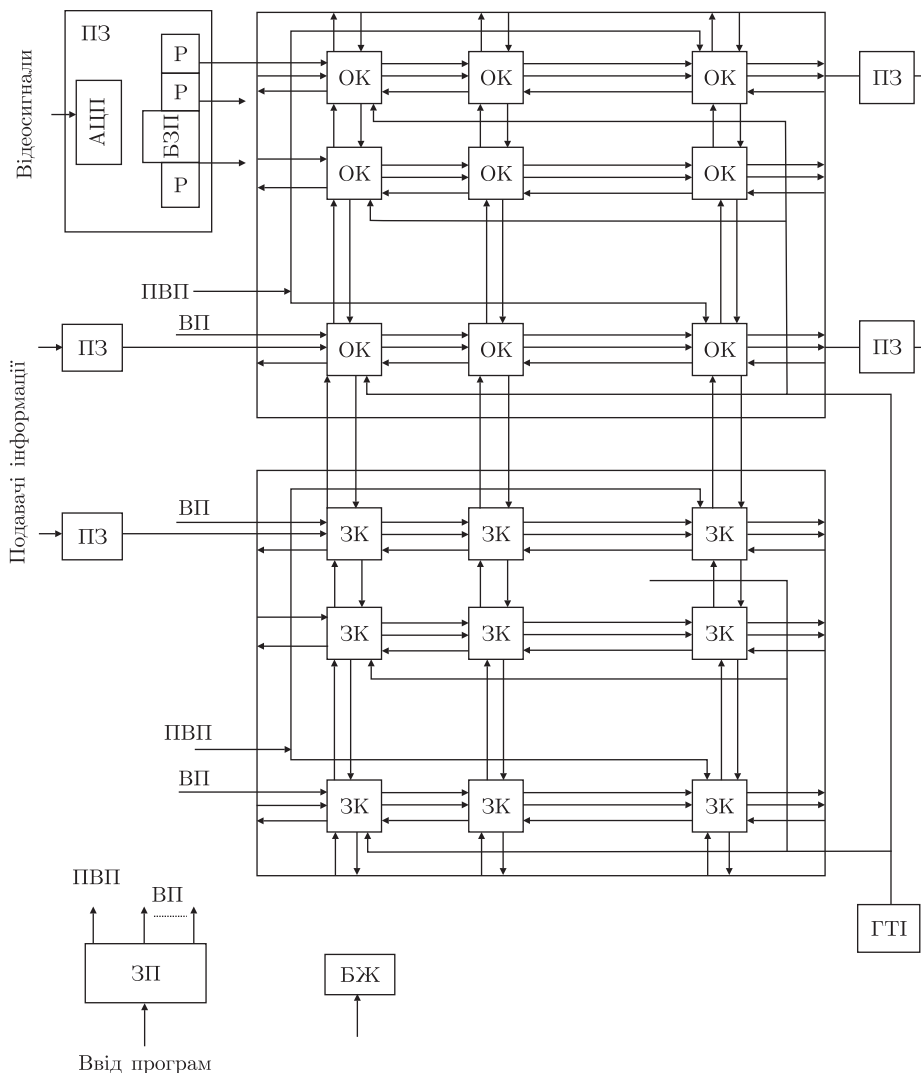


Рис. 1. Схема обчислювальної системи з однорідною структурою для задач комп'ютерного зору

триць. Підключення передавачів і приймачів інформації здійснюється буферними запам'ятовуючими пристроями (ЗП).

Інформація проходить упродовж мережі комірок (спеціалізованих процесорів) систоличного опрацювання даних. За один такт пакет переходить на одну комірку середовища, переходячи від початкової комірки в одну або декілька сусідніх, синхронно з такими імпульсами.

У МКОС немає пристрою управління, оперативних запам'ятовуючого пристрою та магістралі даних. Основною особливістю організації обчислювального процесу в МКОС є відповідність кожної програми, що записана на програмування структури [3], спеціалізованому процесору для мікропрограмного модуля. Мікропрограмним модулем є група мікрокоманд, тобто команд налаштування кожної ОК [3].

МКОС апаратно має спеціалізований процесор, в якому структурно реалізована одна операція. У МКОС передавання інформації між спецпроцесорами проходить (згідно з ре-

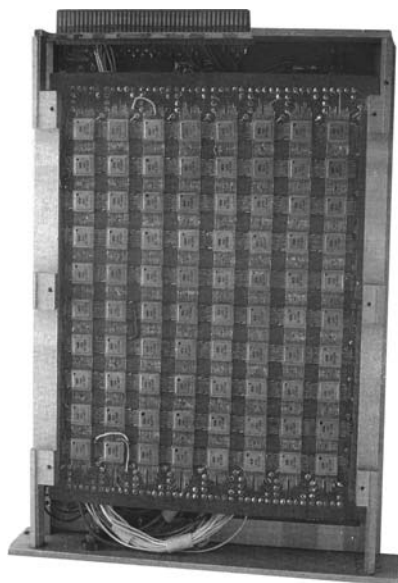


Рис. 2. Мультиконверсна однорідна обчислювальна структура

єструванням) комутаційним каналом, які налаштовуються в однорідному середовищі спеціального програмного транслятора.

Таким чином, операції розділені у часі: спочатку формується потік команд для налаштування ООС, проводиться завантаження в регістр команд (РК) кожної обчислювальної і запам'ятовуючої комірки, а потім подається потік даних. Пам'ять у вигляді ОЗС реалізується таким чином, щоб виключити процес адресації. Програма завантажена з програмованих запам'ятовуючих пристроїв (ПЗП), враховує всі варіанти розгалуження обчислень. Збереження програми в процесі розв'язання виконується в регістрах команд ОК і ЗК. На початку розв'язання задач програма вводиться у РК із ЗП. Ввід програми здійснюється згідно з ланцюжками ОП з керуючого сигналу керування вводом програми (КВП).

Робота елементів ООС і ОЗС синхронізується від одного зовнішнього генератора тактових імпульсів. Інформація обробляється конвеєрним способом, причому потік інформації, що подається із пристрою приймача на вхід матриць ОК і ЗК, обробляється у відповідності з програмою і проходить синхронно з тактовими імпульсами. Отже, у БКОС програма налаштування структури здійснюється апаратна реалізація алгоритму. У МКОС немає пристрою управління, оперативного запам'ятовуючого пристрою, магістралі даних. Основною особливістю організації обчислювального процесу в МКОС є відповідність кожної програми, що записана на мові програмування структури спеціалізованого процесора, мікропрограмному модулю.

Пам'ять у вигляді однорідного запам'ятовуючого середовища (ОЗС) реалізується таким чином, щоб виключити процес адресації.

Програма запам'ятовується із ПЗП і з урахуванням всіх випадків розгалуження обчислення. Збереження програми в процесі розв'язання проводиться у регістрах команд запам'ятовуючої комірки.

Перед початком розв'язання задач програма розглядається у РК із ЗП. Ввід програми (ВП) здійснюється згідно з ланцюгом ОП за допомогою керуючого сигналу вводу програми (КСВП).

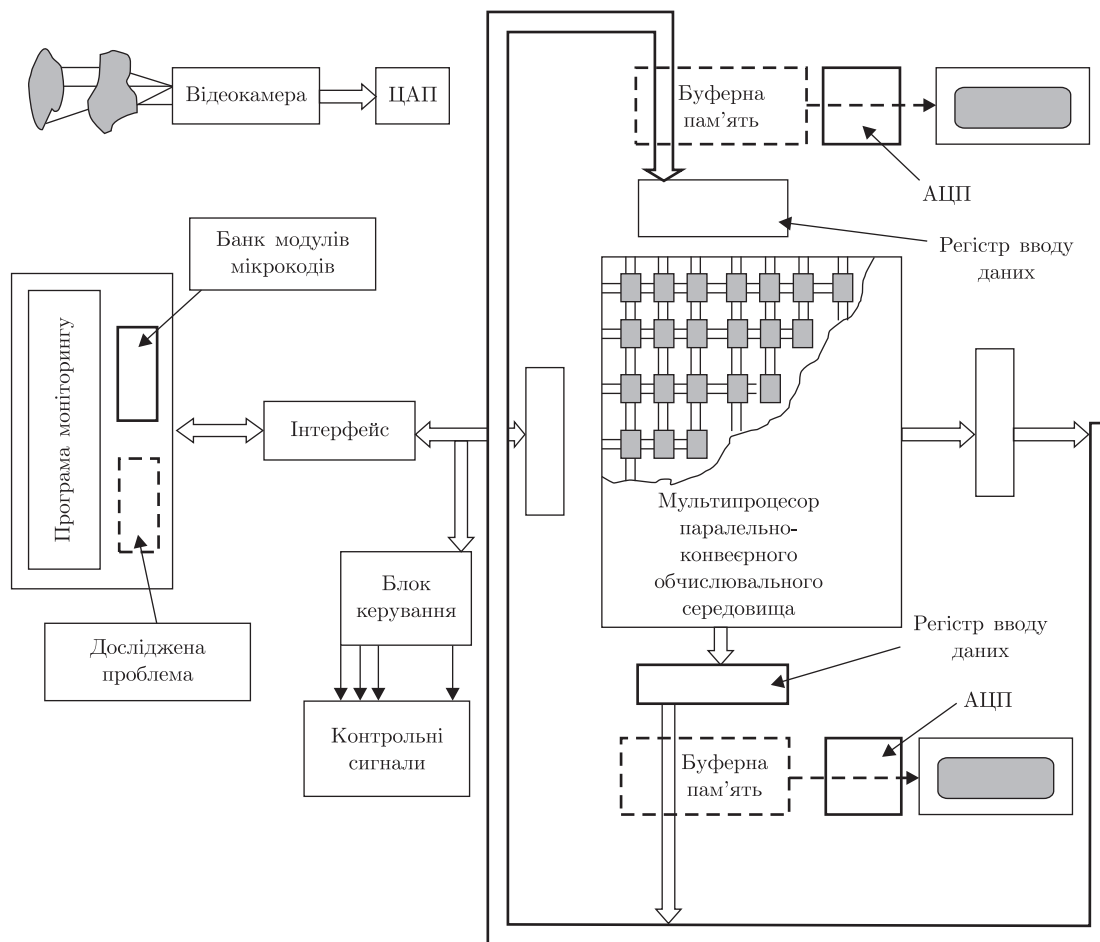


Рис. 3. Система для обробки зображення комп'ютерного зору, що базується на однорідному обчислювальному середовищі

Робота елементів ООС і ОЗС синхронізується від одного зовнішнього генератора тактових імпульсів. Інформація обробляється конвеєрним способом, при якому потік інформації, що подається із пристрою приймання на входах матриць ОК і ЗК, обробляється у відповідності з програмою, просувається синхронно з тактовими імпульсами. На рис. 1 наведено схему високопродуктивної системи реалізації синхронної інтерактивної мережі систолічного опрацювання даних, на рис. 2 — мультиконвеєрну однорідну обчислювальну структуру. Рис. 3 демонструє високопродуктивну систему для обробки зображень комп'ютерного зору, що базується на однорідному обчислювальному середовищі [4, 8].

Таким чином, у роботі запропоновано структуру схеми високопродуктивної мультиконвеєрної обчислювальної системи високопродуктивного опрацювання даних і можливості реалізації синхронної інтерактивної мережі систолічним матричним опрацюванням даних. Роботу виконано в рамках реалізації системи комп'ютерного зору.

### Цитована література

1. Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – Москва: Мир, 1971. – 382 с.
2. Евтенцов С. В. Системы, структуры и среды. – Москва: Мир, 1985. – 416 с.

3. *Параллельная обработка информации: в 5 т. Т 3. Вычислительные системы, структуры и среды для решения задач большой размерности / Под ред. В.В. Грицька.* – Киев: Наук. думка, 1985. – 288 с.
4. *Грицьк В. В.* Моделі і засоби адаптивного опрацювання відеопотоків у системах комп'ютерного зору: Автореф. дис. . . д-ра техн. наук. – Харків, 2013. – 34 с.
5. *Малиновский Б. М., Номиновский Б. Н., Бонюн В. П., Козлов Л.* Параллельные структуры и методы. – Киев: Наук. думка, 1989. – 248 с.
6. *Фрумкин М. А.* Систолические вычисление. – Москва: Наука, 1990. – 191 с.
7. *Аксенов В. П., Красинский П. Я., Спиритов Т. В.* Систолические алгоритмы и процессоры // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – № 7. – С. 7–33.
8. *Грицьк В. В.* Моделі і засоби адаптивної обробки відеопотоків у системах комп'ютерного зору. – Львів: Вид. ДНДІ інформаційної інфраструктури, 2011. – 390 с. (докт. дис.).

## References

1. *Neiman J.* Theory of Self-Reproducing Automates, Moscow: World, 1971 (in Russian).
2. *Evtenchov Je. V.* The systems, structures and environment, Moscow: World, 1985 (in Russian).
3. *Parallel processing information, V. 3. Computer systems, structures and environment for solving large-scale problems, Ed. Hrytsyk V. V., Kiev: Nauk. Dumka, 1985 (in Russian).*
4. *Hrytsyk V. V.* Models and tools for adaptive processing video streams in computer vision systems, Abstract. dis. . . Dr.Sc. Science, Kharkiv, 2013 (in Ukrainian).
5. *Malinowski B. M., Bonyun V. P., Kozlov L.* Parallel structures and methods, Kiev, Nauk. Dumka, 1989 (in Russian).
6. *Frumkin M. A.* Systolic calculation, Moscow: Nauka, 1990 (in Russian).
7. *Aksenov V. P., Krasinski P. Y., Spiritov T. V.* International electronics, 1987, No 7: 7–33 (in Russian).
8. *Hrytsyk V. V.* Models and tools for adaptive processing videostreams in computer vision systems, Lviv NAS of Sci. SSR III, 2011 (in Ukrainian).

*Національний університет “Львівська політехніка”  
Тернопільський національний технічний  
університет ім. Івана Пулюя*

*Надійшло до редакції 14.04.2015*

Член-корреспондент НАН України **В. В. Грицьк, В. В. Грицьк, А. Н. Зозуля**

### **Высокоэффективные классы алгоритмов и высокопродуктивных систем реализации синхронных интерактивных сетей систолическими матрицами обработки данных**

*Национальный университет “Львовская политехника”  
Тернопольский национальный технический университет им. Ивана Пулюя*

*Определены высокопродуктивные системы реализации синхронных интерактивных сетей систолическими матрицами обработки данных. Предложены возможности реализации обработки данных в реальном времени на НВИС, ориентированных на решение задач компьютерного зрения в разных областях.*

**Ключевые слова:** реальное время обработки информации, систолические матрицы обработки данных.

Corresponding Member of the NAS of Ukraine **V. V. Hrytsyk, V. V. Hrytsyk,  
A. M. Zozulya**

**Highly efficient classes of algorithms and high-performance systems  
implementing the synchronous interaction networks with  
data-processing systolic matrices**

National University “L’vivska Politekhnikha”,  
Ivan Pulyui Ternopil’ National Technical University”

*High-performance computing systems implementing the synchronous interaction networks with data-processing systolic matrix are defined. Some possibilities for the data processing in real time with VLSIC’s oriented to solving the computer vision problems in various fields are proposed.*

**Keywords:** real time of data processing, systolic matrix of data processing.