

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАДАЧ ТА АЛГОРИТМІВ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ВИКЛАДАННЯ ОСНОВ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Михайло Яджак<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів,  
yadzhak\_ms@ukr.net

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

Зараз основним підходом до прискорення обчислень є їх тотальне розпаралелювання. Для цього широко використовуються сучасні програмні та апаратні [5] засоби реалізації паралелізму. Тому у вищих навчальних закладах на багатьох спеціальностях значна увага приділяється викладанню дисциплін з паралельного програмування. При цьому розглядаються як методи розпаралелювання ациклічних та циклічних ділянок обчислень, так і архітектура відповідних паралельних комп'ютерів, на яких ці методи можуть бути ефективно реалізовані. Важливим тут є і використання не лише абстрактних фрагментів обчислень, а й реальних обчислювальних задач для застосування тих чи інших методів розпаралелювання. До таких задач можна віднести задачі цифрової фільтрації (ЗЦФ) різної розмірності, для розв'язання яких запропоновано низку паралельних методів і алгоритмів, орієнтованих на реалізацію на різних архітектурах обчислювальних засобів. Формулювання ЗЦФ є чіткими та зрозумілими і дозволяють доволі наглядно застосовувати методи розпаралелювання та будувати і досліджувати відповідні паралельні алгоритми.

У загальному випадку розглядувана нами ЗЦФ полягає у виконанні деякої кількості переобчислень згладжування масиву значень змінних через рухоме вікно заданого розміру [3, 6]. Зазвичай таку задачу потрібно розв'язувати в режимі реального часу, використовуючи паралельні алгоритми. Зокрема, в [4] для розв'язання варіанту одновимірної ЗЦФ було запропоновано систолічні алгоритми, а в [6] – паралельні алгоритми, що реалізують синхронну та асинхронну схеми обчислень; алгоритм на основі методу гіперплощин для розпаралелювання циклів та оптимальний за швидкодією паралельно-конвеєрний алгоритм (ПКА) фільтрації сигналів.

Пізніше нами було розвинуто [2] систолічні методи Кунга-Лейзерсона організації обчислень під час одновимірної фільтрації, що дозволило оптимально завантажувати елементи обчислювальних структур. У праці [3] запропоновано квазісистолічний метод обчислень для побудови оптимальних за швидкодією ПКА розв'язання ЗЦФ різної розмірності. Крім цього, в [7] зроблено ефективні паралельні алгоритми з автономними гілками для розв'язання задач фільтрації на кластерах, комп'ютерах з багатоядерними процесорами та гібридних архітектурах. У праці [8] проаналізовано можливість виконання деяких ПКА фільтрації на системах зі структурно-процедурною організацією обчислень (ССПОО). Нами досліджувались також підходи до ефекти-

вної реалізації нейрообчислень [1].

Наведені вище відомі та нові наукові результати були використані під час розроблення навчального курсу «Паралельні алгоритми: побудова та аналіз», який читається магістрам першого року навчання на факультеті прикладної математики та інформатики Львівського національного університету імені Івана Франка. У цьому курсі значна увага приділяється конвеєризації та паралельно-конвеєрному виконанню обчислень, застосуванню методів гіперплощин та пірамід для розпаралелювання циклів до розв'язання ЗЦФ різної розмірності, розробці та дослідженню паралельних алгоритмів фільтрації на систолічних і квазісистолічних структурах, ССПОО та прискорювачах нейрообчислень. Також розглядаються алгоритми розв'язання задач лінійної алгебри великої розмірності на MIMD-комп'ютерах. Особлива увага звертається на проблему покращення прискорення паралельних алгоритмів.

В описуваному курсі вивчаються і компоненти комунікаційного середовища паралельних обчислювальних систем. Це важливо, оскільки обміни між паралельними гілками алгоритмів можуть суттєво впливати на прискорення обчислень. Також, під час побудови паралельних алгоритмів, зокрема і фільтрації, приділяється увага роботі з пам'яттю комп'ютера.

Отже, нами показано, що ЗЦФ та алгоритми їх розв'язання є сучасною, перспективною і зручною основою для викладання курсів з паралельного програмування у вищих навчальних закладах.

1. *Вальковський В.О., Яджак М.С.* Про організацію паралельних обчислень у нейронних мережах // Відбір і обробка інформації. – 2003. – Вип. 19 (95). – С. 138-144.
2. *Яджак М.С.* Деякі обчислювальні засоби реалізації алгоритмів цифрової фільтрації // Волинський математичний вісник. – 2002. – Вип. 9. – С. 90-99.
3. *Anisimov A.V., Yadzhak M.S.* Construction of optimal algorithms for mass computations in digital filtering problems // Cybernetics and Systems Analysis. – 2008. – 44, No 4. – P. 465-476.
4. *Kung H.T., Leiserson C.E.* Systolic arrays (for VLSI) // Proc. of the Sympos. On Sparse Matrix Comput., Knoxville, 1978. – Philadelphia: SIAM. – 1979. – P. 256-282.
5. *The list Top500:* [Electronic resource]. – Available: [www.top500.org](http://www.top500.org).
6. *Valkovskii V.A.* An optimal algorithm for solving the problem of digital filtering // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1994. – 4, No 3. – P. 241-247.
7. *Yadzhak M.S.* Parallel algorithms for data digital filtering // Cybernetics and Systems Analysis. – 2023. – 59, No 1. – P. 39-48.
8. *Yadzhak M.S., Tyutyumyk M.I.* An optimal algorithm to solve digital filtering problem with the use of adaptive smoothing // Cybernetics and Systems Analysis. – 2013. – Vol. 49. – P. 449-456.

#### **USING DIGITAL FILTERING PROBLEMS AND ALGORITHMS FOR TEACHING THE FUNDAMENTALS OF PARALLEL PROGRAMMING**

*The work substantiates the use of problems and algorithms of digital data filtering during teaching courses on parallel programming in higher educational institutions. The main features of the course "Parallel algorithms: construction and analysis" were noted.*