



ПАРАЛЕЛЬНІ МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ

Михайло ЯДЖАК

*Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів, Україна
Львівський національний університет
імені Івана Франка, Україна*

Під час дослідження складних об'єктів та процесів [1], зокрема і у фізичному вихованні та спорті, використовують значні обсяги вхідних даних, які надходять неперервно. Зазвичай ці дані є неточними, спотвореними або пошкодженими. Тож для подальшого використання їх потрібно попередньо опрацювати, тобто відфільтрувати, здебільшого у режимі реального часу. Для цього запропоновано ефективні паралельні методи та алгоритми цифрової фільтрації, зорієнтовані на різні типи архітектур обчислювальних засобів [2, 3], зокрема на квазісistolічні структури (КСС), комп'ютери зі структурно-процедурною організацією обчислень, кластери та комп'ютери з багатоядерним процесором.

Загалом розглядувана задача цифрової фільтрації (ЗЦФ) полягає у виконанні деякої кількості переобчислень згладжування масиву значень N змінних через рухоме вікно розміром M [3]. Далі подаємо розроблені методи організації паралельних обчислень.

Квазісistolічний метод. Запропоновано квазісistolічний метод організації обчислень для розв'язання задач цифрової фільтрації різної вимірності [2, 4], який можна описати так:

- значення N змінних переобчислюються в окремих, зсунутих між собою гілках, тобто головним прийомом підвищення міри паралелізму, крім власне розпаралелювання, є конвеєризація;
- дозволено одночасно передавати дані із однієї інстанції одразу в M «точок прийому»;
- для переобчислення значення довільної змінної на деякому кроці використовується максимальна кількість уже переобчислених на ньому значень;
- функціональна еквівалентність з послідовним способом обчислень забезпечується виконанням операцій додавання в чітко визначеному порядку;
- кожне з переобчислених значень використовується в $(M-1)$ гілці, де воно є аргументом, на наступному ж такті.

На основі цього методу побудовано паралельно-конвеєрні алгоритми (ПКА) розв'язання задач фільтрації. Доведено оптимальність згаданих алгоритмів за швидкістю та використанням пам'яті у вказаних класах алгоритмів, які є еквівалентними за інформаційним графом. Побудовані ПКА зорієнтовані на реалізацію на відповідних КСС [5]. Розроблено підходи до оптимізації кількості елементів у таких обчислювальних структурах.

Запропонований квазісистоличний метод розвинуто для побудови оптимальних за швидкістю ПКА розв'язання задач каскадної цифрової фільтрації та задачі фільтрації з використанням адаптивного згладжування [2].

Застосування методу пірамід для розпаралелювання циклів. Для розв'язання ЗЦФ різної вимірності розглянуто послідовні алгоритми, в яких для переобчислення масиву значень змінних на заданому кроці беруться значення, переобчислені на попередньому кроці. Застосовуючи до цих алгоритмів метод пірамід [6] для розпаралелювання циклів, одержуємо паралельні алгоритми з автономними гілками [3]. Запропоновано певний підхід до поліпшення процедури згладжування в згаданих алгоритмах. Побудовані паралельні алгоритми фільтрації з автономними гілками зорієнтовано на реалізацію на сучасних високопродуктивних засобах – кластерах, гібридних архітектурах та комп'ютері з багатоядерним процесором. На основі цих алгоритмів розроблено відповідні алгоритми з обмеженим паралелізмом, які враховують обсяг реально доступних

обчислювальних ресурсів. Сформульовано та доведено твердження про еквівалентність запропонованих паралельних алгоритмів фільтрації з відповідними послідовними алгоритмами. Наведено оцінки складності та прискорення, які підтверджують високу ефективність побудованих паралельних алгоритмів.

Проведено низку чисельних експериментів на комп'ютері з багатоядерним процесором для отримання реального прискорення розроблених алгоритмів фільтрації з автономними гілками. Наприклад, прискорення паралельного алгоритму розв'язання двовимірної ЗЦФ порівняно з послідовною реалізацією із залученням чотирьох та восьми ядер становило відповідно 2,80–3,62 та 3,10–7,50.

Висновок. Отже, запропоновано квазісистоличний метод обчислень для розроблення оптимальних за швидкодією ПКА та метод побудови ефективних паралельних алгоритмів з автономними гілками для цифрової фільтрації даних.

Список використаних джерел

1. Поліщук О. Д. Мережеві структури та системи: IV. Паралельне опрацювання результатів неперервного моніторингу / О. Д. Поліщук, М. С. Яджак // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2019. – № 2. – С. 105–114.
2. Yadzhak M. S. An optimal algorithm to solve digital filtering problem with the use of adaptive smoothing / M. S. Yadzhak, M. I. Tyutyunyk // Cybernetics and Systems Analysis. – 2013. – Vol. 49. – P. 449–456.
3. Яджак М. С. Деякі паралельні алгоритми розв'язання задач цифрової фільтрації / М. С. Яджак // «Математика в сучасному технічному університеті»: матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця, 2020. – С. 172–176.
4. Яджак М. С. Високопаралельні алгоритми та засоби для розв'язання задач масових арифметичних і логічних обчислень : автореф. дис. ... д. ф.-м. наук : [спец.] 01.05.03 «Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем». – Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2009. – 33 с.
5. Яджак М. С. Апаратні засоби реалізації паралельно-конвеєрних алгоритмів цифрової фільтрації з використанням адаптивного згладжування / М. С. Яджак, М. І. Тютюнник, Б. О. Бекас // Науковий вісник НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.6. – С. 335–344.
6. Вальковський В. О. Проблеми подальшого розвитку та модифікації методу пірамід для розпаралелювання циклів / В. О. Вальковський, М. С. Яджак // Математичні методи та фізико-механічні поля. – 2000. – Т. 43, № 1. – С. 68–75.