

## ПАРАЛЕЛЬНІ АЛГОРИТМИ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ

**Анотація.** Запропоновано паралельні алгоритми розв'язання задач цифрової фільтрації різної розмірності на сучасних обчислювальних засобах універсального призначення. Одержано теоретичні оцінки складності та прискорення, які підтверджують високу ефективність цих алгоритмів. Здійснено програмну реалізацію деяких із запропонованих паралельних алгоритмів на комп'ютерах із багатоядерним процесором і одержано реальні оцінки прискорення, які добре узгоджуються із теоретичними.

**Ключові слова:** цифрова фільтрація, паралельний алгоритм, прискорення обчислень, обмежений паралелізм, еквівалентність алгоритмів, обчислювальна система.

### ВСТУП

Задачі цифрової фільтрації (ЗЦФ) зазвичай виникають під час попереднього оброблення сигналів, плоских та просторових зображень [1, 2], великих масивів експериментальних даних тощо. У багатьох випадках такі задачі потрібно розв'язувати в режимі реального часу. З цією метою було запропоновано квазісистолічний метод обчислень [3, 4], на підставі якого розроблено оптимальні за швидкодією та використанням пам'яті паралельноконвеєрні алгоритми (ПКА) розв'язання ЗЦФ будь-якої розмірності. Оптимальність довели у відповідних класах алгоритмів, які є еквівалентними за інформаційним графом з точністю до виконання співвідношень асоціативності та комутативності для операції додавання. Розроблені ПКА були зорієнтовані на реалізацію на спеціалізованих обчислювальних системах — квазісистолічних структурах. Однак квазісистолічні структури як обчислювальні засоби не є доступними для широкого кола користувачів. Тому у разі, коли маса та розміри обчислювальної системи не є суттєвими обмеженнями, для реалізації алгоритмів розв'язання задачі фільтрації можна використати універсальні обчислювальні засоби зі спільною (багатоядерні комп'ютери) та паралельною (кластерні системи, системи зі структурно-процедурною організацією обчислень [5, 6]) пам'яттю. Для цього з використанням оптимальних за швидкодією алгоритмів фільтрації було розроблено алгоритми [7] з обмеженим паралелізмом (АОП) для розв'язання одно-, дво- та тривимірної ЗЦФ. Унаслідок проведених досліджень [8] було встановлено, що в окремих АОП збільшення кількості змінних, значення яких переобчислюється в кожній з паралельних гілок, не спричиняє збільшення кількості обмінів між цими гілками або між заздалегідь визначеними їхніми групами. Отже, для таких гілок або їхніх груп є можливість збільшення частки обчислювальних операцій порівняно з обмінними. При цьому наведено умови, за яких відбувається суміщення обчислювальних і обмінних операцій. У [9] показано можливість ефективної реалізації деяких АОП на системах зі структурно-процедурною організацією обчислень.

Ця робота присвячена розробленню та дослідженню паралельних алгоритмів цифрової фільтрації для обчислювальних систем універсального призначення, зокрема алгоритмів, які використовують синхронну та асинхронну схеми обчислень [10].

### ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Розглянемо одновимірну ЗЦФ, для якої загалом передбачається переобчислення значень змінних  $x_{i_1}$  ( $i_1 = 1, l_1$ ) за формулою

$$x_{i_1} = \sum_{s_1=-m_1}^{m_1} x_{i_1+s_1} f_{s_1}, \quad (1)$$

© М.С. Яджак, 2023