

АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ДЕЯКИХ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ НА БАГАТОЯДЕРНОМУ КОМП'ЮТЕРІ

Ростислав Вдович¹, Михайло Яджак^{1,2}

¹Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів,
rostyslav.r.vdovych@gmail.com

²Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, yadzhak_ms@ukr.net

Під час дослідження реальних складних систем з ієрархічно-мережевою структурою [2, 4–6] використовують значні обсяги даних про стан і особливості функціонування їх об'єктів. У більшості випадків ці дані є спотвореними, надходять неперервно і для подальшого використання потребують попереднього опрацювання в режимі реального часу. З цією метою було запропоновано низку ефективних паралельних алгоритмів фільтрації, зорієнтованих для реалізації на сучасних паралельних обчислювальних засобах (комп'ютерах з багатоядерними процесорами, кластерах, гібридних архітектурах, засобах зі структурно-процедурною організацією обчислень, квазісистолических структурах, спецпроцесорах для виконання нейрообчислень тощо) [8]. При цьому важливою залишається проблема аналізу реального прискорення цих алгоритмів з використанням різних сучасних програмних засобів реалізації паралелізму.

Для виконання на багатоядерному комп'ютері з процесором Intel Core i5-9600 KF (6 обчислювальних ядер) було вибрано два паралельних алгоритми цифрової фільтрації даних. Один з них використовує синхронну схему обчислень, а інший є алгоритмом з обмеженим паралелізмом і автономними гілками, для побудови якого використано ідеї методу пірамід для розпаралелювання циклів [1, 3]. Ці алгоритми порівнювались з відповідним, еквівалентним за інформаційним графом, послідовним алгоритмом фільтрації. Програмна реалізація здійснювалась на мові високого рівня C# у середовищі Visual Studio 2022 із залученням бібліотек System (містить часто використовувани класи) та System.Threading (для роботи з потоками). При цьому кожен із паралельних алгоритмів фільтрації був реалізований двома способами із застосуванням ThreadPool та Parallel.For (створене відповідне програмне забезпечення розташоване на веб-сервісі GitHub [7]). Зазначимо, що виконання обчислень здійснювалось для заданих наборів параметрів одновимірної задачі цифрової фільтрації [8]. З метою забезпечення належної точності оцінок складності паралельних алгоритмів для кожного такого набору параметрів використовувалась певна кількість різних попередньо сформованих масивів вхідних даних.

Унаслідок багатьох проведених чисельних експериментів було встановлено, що найбільше реальне прискорення обчислень дає алгоритм з обмеже-

ним паралелізмом і воно є доволі значним (в 4,78 рази). При цьому застосування різних способів реалізації паралелізму не суттєво вплинуло на оцінки прискорення досліджуваних паралельних алгоритмів виконання одновимірної фільтрації.

На підставі викладеного вище можна зробити висновок, що алгоритм з обмеженим паралелізмом є більш ефективним для цифрової фільтрації даних. Одержані в роботі результати можуть бути використані для аналізу відповідних паралельних алгоритмів розв'язання задач фільтрації більшої розмірності під час комплексного оцінювання [2] в режимі реального часу стану та процесів функціонування об'єктів (елементів, підсистем відповідних рівнів ієрархії, системи загалом) складних ієрархічно-мережевих систем різних типів і призначення та викладання основ паралельного програмування у вищих навчальних закладах.

1. *Вальковський В.О., Яджак М.С.* Проблеми подальшого розвитку та модифікації методу пірамід для розпаралелювання циклів // *Мат. методи та фіз.-мех. поля.* – 2000. – **43**, № 1. – С. 68-75.
2. *Поліщук О.Д., Яджак М.С.* Моделі та методи комплексного дослідження складних мережевих систем та міжсистемних взаємодій. – Львів: Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С Підстригача НАН України, 2023. – 385 с.
3. *Яджак М.С.* Модифікація методу пірамід для розпаралелювання циклів: організація обмінів між гілками // *Мат. методи та фіз.-мех. поля.* – 2000. – **43**, № 4. – С. 68-72.
4. *Polishchuk O., Polishchuk D., Tyutyunnyk M., Yadzhak M.* Big data processing in complex hierarchical systems I: Structures and information flows // *AASCIT Communications.* – 2016. – **3**(3). – P. 112-118.
5. *Polishchuk O., Yadzhak M.* Models and methods of evaluation the vulnerability of complex hierarchical network systems // *CEUR-WS.org/Vol-3513/paper35.pdf.* – 2023. – P. 420-434.
6. *Polishchuk O., Yadzhak M.* On the vulnerability and protection strategies of complex network systems and intersystem interactions // *CEUR-WS.org/Vol-3538/paper_24.pdf.* – 2023. – P. 267-281.
7. *Vdovych R.R.* CDF_V2. – 2024. – Режим доступу: https://github.com/RostyslavR/Vdovych/CDF_V2.
8. *Yadzhak M.S.* Parallel algorithms for data digital filtering // *Cybernetics and Systems Analysis.* – 2023. – **59**, № 1. – P. 39-48.

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF SOME PARALLEL ALGORITHMS OF DATA DIGITAL FILTERING ON A MULTI-CORE COMPUTER

In the paper analyzes the real speed up of two parallel data digital filtering algorithms on a multi-core computer. One of these algorithms is based on a synchronous computations scheme, and the other is an algorithm with limited parallelism and autonomous branches. For construction an algorithm with limited parallelism the pyramids method is used. The obtained results can be used during the study of complex hierarchical network systems objects on modern supercomputers.