

# ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

*Кудінов М. В.*

Україна, м. Бердянськ, Бердянський державний педагогічний університет

**Вступ.** Складність і абстрактність навчального матеріалу курсу "Паралельні і розподілені обчислення" потребує перегляду методик і підходів його вивчення, візуалізації та оптимізації змісту. При вивченні студентами паралельних алгоритмів розв'язання задач обчислювальної математики принциповим моментом є навчити їх аналізувати ефективність використання паралелізму, що полягає зазвичай в оцінці отриманого прискорення процесу обчислення. Формування подібних оцінок прискорення може здійснюватися відносно вибраного обчислювального алгоритму (це перший підхід, який полягає в оцінці ефективності розпаралелювання конкретного алгоритму). Інший підхід полягає в побудові оцінок максимально можливого прискорення процесу рішення задачі конкретного типу (оцінка ефективності паралельного способу розв'язання).

Нами розроблено програмне забезпечення (ПЗ) під назвою "Modeloo" для створення моделей паралельних обчислень у вигляді графа "операції-операнди", що дозволяє візуалізувати аналіз паралельних алгоритмів обчислювальної математики.

Дане ПЗ реалізує наступні функціональні можливості:

- Створення операндів – вершин графа, які не мають вхідних дуг (при створенні цього типу вершин користувач задає змінну в загальному вигляді);
- Створення операцій – вершин графа, які мають не менше однієї вхідної дуги (при створенні цього типу вершин користувач вказує виконувану операцію);
- Створення дуг: спрямовані дуги зв'язують вершини графа, починаючи від точок входу (операнди), закінчуючи точкою виходу (результат обчислення), показуючи існуючі інформаційні залежності в обчислювальному алгоритмі. При цьому біля вершини, яка є операцією, з'являється результат її виконання (у випадку якщо ця вершина є точкою виходу – остаточний результат в загальному вигляді);
- Введення практичних значень даних, використовуваних в алгоритмі і подальший розрахунок показників ефективності розпаралелювання алгоритму.

**Огляд існуючих методик навчання паралельних обчислень.** Для опису в Modeloo існуючих інформаційних залежностей у обраних алгоритмах рішення завдань обчислювальної математики нами використано модель у вигляді графа "операції-операнди". Ця модель обґрунтована ученими Bertsekas and Tsitsiklis, а також Воеводіним В. В. і Воеводіним Вл.В [1; 2]. Для зменшення складності при побудові моделі учені пропонують приймати час виконання будь-яких обчислювальних операцій однаковим і рівним 1 (у тих або інших одиницях виміру часу). Крім того, в моделі приймається допущення, що передача даних між обчислювальними пристроями виконується миттєво без будь-яких витрат часу (що може бути справедливим, наприклад, за наявності загальної пам'яті, що розділяється в паралельній обчислювальній системі)[2].

**Аналіз інформаційних залежностей.** Представимо усі операції, що виконуються в досліджуваному алгоритмі рішення обчислювальної задачі й існуючі між операціями інформаційні залежності у вигляді ациклічного орієнтованого графа  $G=V(R)$ .

У цій формулі  $\{1, \dots, |V|\}$  є безліч вершин графа, що представляють виконувани операції алгоритму, а  $R$  є безліч дуг графа (при цьому дуга  $r=(i, j)$  належить графові тільки, якщо операція  $j$  використовує результат виконання операції  $i$ ). У даних обчислювальних моделях алгоритмів вершини без вхідних дуг будуть нами використовуватися для операцій введення, а вершини без вихідних дуг – для операцій виводу. Позначимо через  $V$  безліч вершин графа без вершин введення, а через  $d(G)$  діаметр (довжину максимального шляху) графа. Далі ці характеристики графа застосовуватимуться для розрахунків показників часу, прискорення і ефективності паралельних обчислювальних алгоритмів.

**Розрахунки в Modeloo.** Час виконання паралельного алгоритму позначимо  $T_p$ , де  $p$  – кількість процесорів, використовуваних для вирішення завдання.  $T_1$  визначає час виконання алгоритму при використанні одного процесора (послідовний варіант рішення). Знаходження  $T_1$  є важливим, оскільки застосовується для визначення прискорення часу розв'язання задачі. Виходячи з припущення, що кожна операція виконується за одиницю часу, а кількість вершин обчислювальної схеми графа  $G$  без вершин введення дорівнює  $V$ , однопроцесорний варіант буде здійснений за  $T_1(G) = V$ .

Оцінку  $T_\infty$  можна розглядати як мінімальний можливий час виконання паралельного алгоритму при використанні необмеженої кількості процесорів (концепція паракомп'ютера). При цьому усі операції, між якими немає шляху в обчислювальній схемі можуть бути виконані паралельно і  $T_\infty(G) = d(G)$ .

Прискорення у разі використання паралельного алгоритму для  $p$  процесорів, в порівнянні з послідовним варіантом виконання обчислень визначається  $S_p(n) = T_1(n)/T_p(n)$ , тобто як відношення часу розв'язання задачі на однопроцесорній ЕОМ (послідовний варіант) до часу виконання паралельного алгоритму кількістю процесорів  $p$  (величина  $n$  використовується для параметризації обчислювальної складності вирішуваної задачі і може розумітися як кількість вхідних даних).

Ефективність використання паралельним алгоритмом процесорів при рішенні задачі визначається співвідношенням:  $E_p(n) = S_p(n)/p$  (відношення швидкості до кількості процесорів; величина ефективності визначає середню долю часу виконання алгоритму, протягом якої процесори реально використовуються для обчислень).

Значення  $T_1$ ,  $T_\infty$  і  $T_p$  а також  $S_p$  і  $E_p$  в Modeloo можна отримати після створення візуальної моделі графа, вказавши кількість процесорів та натиснувши на зелену кнопку запуску розрахунків.

**Напрями подальших досліджень.** У подальших наших дослідженнях ми розглянемо методику моделювання паралельних обчислень для багатопроцесорної системи, характеристики якої можуть задаватися користувачем (кількість процесорів, топологія мережі, тип і складність вирішуваної обчислювальної задачі) з можливістю запуску на реальному кластері.

**Висновки.** У статті показані можливості використання моделі графа операції-операнди для вивчення паралельних обчислень студентами. При цьому значно спрощується вибір схеми обчислень і розрахунок прискорення й ефективності паралельних алгоритмів. Підвищення наочності аналізу паралельних алгоритмів і зв'язок з практичною діяльністю дає можливість студентам краще засвоїти матеріал.

#### Література:

1. D.P. Bertsekas and J.N. Tsitsiklis, "Some Aspects of Parallel and Distributed Iterative Algorithms – A Survey", Automatica, Vol. 27, No. 1, 1991, pp. 3-21.

2. Воеводин В. В. Паралельні обчислення: Навчань. посібник для студентів внз, що навчаються по напрямку 510200 "Прикладна математика і інформатика" / Воеводин В. В., Воеводин Вл.В. : СПб. – БХВ-Петербург, 2002. 608 стор. – ISBN 5-94157-160-7