

УДК 519.854.2

*ПАВЛОВ О.А.,  
МІСЮРА О.Б.,  
ХАЛУС О.А.,  
БЕНЬКОВСЬКИЙ С.Б.,  
КОСТИК Д.Ю.,  
ЛИСЕЦЬКИЙ Т.М.*

## **СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПДС-АЛГОРИТМУ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ЗАПІЗНЕННЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ**

Розроблено систему моделювання для дослідження ефективності ПДС-алгоритму (алгоритм із поліноміальною й експоненційною складовими) задачі мінімізації сумарного запізнення виконання завдань, яка відноситься до NP-складних; методику дослідження задачі, а також генератор довільних задач, які охоплюють усі підкласи задачі мінімізації сумарного запізнення (МСЗ). Побудовано таку схему дослідження ефективності ПДС-алгоритму, яка дозволяє отримати статистичні характеристики розв'язку задачі поліноміальною та експоненційною складовими (оцінки трудомісткості, відсоток задач, що розв'язуються поліноміально, оцінка реального часу розв'язання, відсоток задач, що розв'язуються реальним повним перебором).

### **Вступ**

У теорії розкладів (ТР) особливе значення мають задачі з одним приладом. Результати, отримані при дослідженні таких задач, можуть бути використані для побудови алгоритмів вирішення складніших задач з багатьма приладами і багатостадійних задач, що виникають на практиці. Класичні задачі ТР з одним приладом є схематичними теоретичними моделями багатьох задач, що зустрічаються на практиці. Дослідження таких задач допомагає вивчити фундаментальні властивості і структуру практичних задач, що сприяє побудові ефективних алгоритмів їх рішення.

Огляд відомих методів розв'язання задачі МСЗ приведений у [1]. Згідно Ду і Льюнгу, задача є NP-складною.

На кафедрі АСОІУ було запропоновано ефективний точний ПДС-алгоритм (алгоритм із поліноміальною й експоненційною складовими) розв'язання задачі, заснований на новому підході до розв'язання задач з директивними строками, що полягає в оптимальному використанні резервів часу незапізнених завдань, що дозволяє розв'язувати задачі з числом завдань, істотно більшим, ніж 500, що неможливо існуючими методами [2]. В процесі розв'язання задачі перевіряються умови [1], при виконанні яких оптимальний розклад досягається за поліноміальний час (поліноміа-

льна складова алгоритму). При невиконанні умов задача розв'язується експоненціальною складовою алгоритму.

### **“Мінімізація сумарного запізнення виконання незалежних завдань з директивними строками одним приладом”**

Припустимо, що задано множину незалежних завдань  $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$ , кожне з яких складається з однієї операції. Для кожного завдання відома тривалість виконання  $l_j$  і директивний строк виконання  $D_j$ . Завдання надходять у систему одночасно в момент  $d_j, j=1 \dots n$ . Переривання не допускаються. Необхідно побудувати розклад виконання завдань для одного приладу, що мінімізує сумарне запізнення при виконанні завдань:

$$f = \sum_{j=1}^n \max(0, C_j - D_j),$$

де  $C_j$  – момент завершення виконання завдання  $j$ .

### **Концепція моделювання**

У загальному вигляді підхід до моделювання роботи алгоритмів, як і будь-яких інших процесів, виглядає наступним чином [3, 4].

Побудовано модель із підсистемою перевірки адекватності, яка моделює роботу досліджуваної задачі в усіх аспектах, що цікавлять дослідника. Для встановлення зв'язку моделі із реальною ситуацією, розроблено генератор задач, який відтворює всі сторони реальних задач, які обробляються реальним об'єктом, і створює таку їх послідовність, яка охоплює усі підкласи задачі МСЗ.

Іншою підсистемою є підсистема аналізу. Вона використовується для статистичної, прогностичної та іншої обробки результатів роботи моделі, створюючи на її основі аналітичні висновки самостійно або друкуючи звіти для аналітиків, які досліджують роботу ПДС-алгоритму методом його моделювання.

Запропонована концепція є загально-дослідницькою і може використовуватися для імітаційного дослідження у практичних умовах для ширшого класу задач (наприклад, при умові наявності ваг завдань). Її реалізація як системи є досить простою і з незначними доповненнями дає значний синергетичний ефект у експериментальних дослідженнях.

Основні принципи системи моделювання:

- перевірка адекватності протягом циклу життя моделювання і імітації;
- результати не розглядаються як абсолютно правильні або абсолютно хибні;
- система моделювання будується відносно імітації роботи алгоритму, тому довіра до неї оцінюється по якості алгоритму;
- система моделює складний алгоритм і вимагає творчого потенціалу і проникнення в проблему;

- закінчене дослідження в системі має бути можливе;
- для прийнятності і довіри до результатів моделювання проблема формулюється методами системи.

Для забезпечення необхідної якості моделювання і імітації необхідні зусилля направлені на вимірювання і оцінку різноманітних показників якості таких як точність, ефективність виконання, практична значимість генерованих задач, їх взаємозамінність, можливість багатократного використання алгоритму, і застосовність (узгодження людина - комп'ютер).

### **Структура системи моделювання**

Структура системи моделювання пропонує користувачам-дослідникам спілкуватися із системою через інтерфейс (ГІК), який висуває на передній план функціональні налаштування та широкий доступ до будь-якої інформації, яка створюється у системі, а також дає можливість отримувати прості статистичні звіти по розв'язуванню тих чи інших класів задач мінімізації сумарного запізнення.

Реалізований варіант є ефективним дослідницьким кіоском, що дає можливість оперативно отримувати інформацію про якість роботи ПДС-алгоритму на всіх можливих, або конкретних підкласах задач і направляти дослідження у тих напрямках, які виявлятимуть нові особливості розкладів.

Система має оформлений інтерфейс користувача, інтегроване середовище статистики та паралельне розв'язування множини задач. Можливість одночасного запуску кількох копій програми алгоритму робить систему моделювання такою, що оперативніше реагує на зміну вимог до задач та конструює розв'язки у режимі он-лайн.

Особливу увагу в системі приділено формуванню автоматизованого банку інформації за різноманітними класами задач з наступними вимогами:

- можливість опису і реорганізації файлів за допомогою інтерфейсу системи моделювання;
- можливість колективного використання файлів;
- забезпечення нагромадження, зберігання і видачі файлів із постановкою задачі, її розв'язком і статистичним звітом отримання такого розв'язку;
- забезпечення необхідного сервісу під час доступу до файлів, їх редагуванні, видача повних довідок.
- Завдання планування експериментів у межах системи моделювання полягає в отриманні максимальної інформації засобами імітації. Перевагами розробленої системи є:
- простота проведення експериментів;
- можливість управління експериментами, включаючи їх переривання і відновлення;

- легкість варіювання умовами проведення експериментів;
- відсутність кореляції між послідовністю генерованих задач, що досягається застосуванням незв'язних послідовностей псевдовипадкових чисел;
- визначення тривалості роботи алгоритму.

### Загальний підхід у схемі дослідження

Система моделювання використовується для дослідження алгоритму розв'язання задачі МСЗ для одного приладу.

Методика вибору значень параметрів вхідних задач і їх розмірностей ґрунтується на методиці проведення наукового дослідження для підтвердження результатів, викладеній у [5].

Процедура дослідження алгоритму виглядає наступним чином.

1. Генеруємо завдання.
2. Розв'язуємо задачу.
3. Формуємо вихідний текстовий файл.
4. Будуємо задану кількість інших розкладів таким же чином.
5. Аналізуємо вихідні файли за різних параметрів та робимо висновки.

Генерація завдань проходить за схемою запропонованою Д. Фішером у 1976 році [6] і традиційно використовується у літературі з тих пір для перевірки різноманітних алгоритмів. Серед наукової спільноти домінує думка про універсальність такої схеми, а результати отримувані на задачах, генерованих з однаковими параметрами, вважаються таким, що отримані на однакових задачах.

Задачі різного ступеню складності генеруються із послідовності за допомогою двох факторів: фактору запізнення (середній коефіцієнт)  $T$  і діапазону директивних строків  $R$ .

Для кожного завдання  $j$  із множини розмірності  $n$  генерується цілий час виконання  $p_j$  із діапазону рівномірного розподілу із параметрами  $[p_{min}, p_{max}]$ .

Відносний діапазон директивних строків  $R$  і середній коефіцієнт запізнення  $T$  вибираються із набору  $\{2,4,6,8,1\}$ . Цілий директивний строк  $d_j$  генерується із діапазону рівномірного розподілу

$$\left[ P\left(1 - T - \frac{R}{2}\right) P\left(1 - T + \frac{R}{2}\right) \right],$$

де  $P$  – час виконання усіх завдань  $P = \sum_{j=1}^n p_j$ .

### Унікальний підхід у схемі дослідження

Унікальність підходу у схемі дослідження полягає у специфічному використанні схеми довілюної генерації задач, яка охоплює усі підкласи задачі МСЗ. Ця специфіка викликана необхідністю побудувати таку схему

дослідження ефективності ПДС-алгоритму, яка дозволить отримати статистичні характеристики розв'язку задачі поліноміальною та експоненційною складовими:

- оцінки трудомісткості;
- відсоток задач, що розв'язуються поліноміально;
- статистична оцінка реальної складності обчислення поліноміальної складової алгоритму;
- відсоток задач, що розв'язуються декомпозиційною складовою алгоритму;
- статистична оцінка реальної складності обчислення декомпозиційної складової алгоритму;
- відсоток задач, які вирішуються реально повним перебором;
- відсоток задач, які мають верхньою оцінкою експоненту, але реально вирішуються за короткий час.

Методологія дослідження складена з двох методів: динамічного і формального.

Динамічний метод призначений для оцінки алгоритму, заснованої на поведінці алгоритму при розв'язанні задач МСЗ. Цей метод вимагає вимірювань у системі моделювання.

З метою виявлення можливої залежності приналежності генерованих задач до певних цікавих для нас класів задач (наприклад, задач, які розв'язуються за поліноміальний час) від значень параметрів генератора, проведено серію досліджень характеристик генерованих задач.

Формальний метод заснований на математичному доказі правильності ПДС-алгоритму: формалізації оптимальності сконструйованих розкладів.

Методологічною основою дослідження є діалектичний метод пізнання і системний підхід. У процесі дослідницької роботи застосовані сукупність методів імовірно-статистичного аналізу, методи аналізу і синтезу інформації, наукового експерименту, імітаційного моделювання та інноваційної концепції.

### **Висновок**

Розроблено систему моделювання для дослідження ефективності ПДС-алгоритму для задачі мінімізації сумарного запізнення для одного приладу. Обгрунтовано концепцію моделювання та програмно її реалізовано, що дозволяє застосовувати її для експериментального дослідження роботи ПДС-алгоритму на задачах великої розмірності з метою аналізу отриманих розв'язків. Розроблено методику використання системи моделювання для дослідження ефективності роботи ПДС-алгоритму, яка полягала у генеруванні 200 задач кожної із розмірностей, їх розв'язанні алгоритмом та зборі статистичної інформації.

### Список посилань

1. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении.– К.: Техника.– 2002.– 344 с.
2. Tansel B.C., Kara B.Y., Sabuncuoglu I. An Efficient Algorithm for the Single Machine Total Tardiness Problem: IEEE Transactions, August 2001 33-8-661
3. Математическое моделирование в исследовании процессов: Методы математич. моделирования и решения процессных задач/ И.М. Федоткин, И.Ю. Бурляй, Н.А. Рюмшин. – К.: Техніка, 2002. – 407 с.
4. Моделирование структуры статистических систем и процессов / Л.Н. Сергеева. – Запорожье, 2002. – 87 с.
5. Шейко В., Кушнарченко Н. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2002. – 295 с.
6. Fisher M.L., A dual algorithm for the one-machine scheduling problem // Math. Programming 11, 1976 – pp. 229–251