

ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ПРОГРЕССИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

PROGRESSIVE INFORMATION TECHNOLOGIES

УДК 519.161

Данильченко А. О.

Старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Житомирського державного технологічного університету,
Житомир, Україна

РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ ГІЛОК ТА МЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО ПАРОСПОЛУЧЕННЯ ЗІ ЗНИКАЮЧИМИ ДУГАМИ

Актуальність. Розглянуто задачу складання розкладу проходження процедур пацієнтами санаторію, яка зведена до розширеної задачі пошуку максимального паросполучення в дводольному графі. Для поставленої задачі про паросполучення зі зникаючим дугами було розроблено оптимальний алгоритм її рішення на базі методу гілок і меж. Алгоритм враховує обмеження сумісності процедур. Проведено розрахунковий експеримент в основі якого лежить доказ доцільності розпаралелювання оптимального алгоритму розв'язання задачі складання розкладу прийому лікувальних процедур пацієнтами для прикладного використання його в санаторних закладах України.

Мета роботи. Довести доцільність розпаралелювання оптимального алгоритму розв'язання задачі складання розкладу проходження процедур пацієнтами санаторію.

Метод. Сформульована математична модель задачі про паросполучення зі зникаючим дугами. Обрані обчислювальні платформи різної конфігурації, що мають різні обчислювальні потужності: різну кількість ядер процесора, різний обсяг пам'яті, і т.д. Написано авторське програмне забезпечення для проведення експерименту. Програма складається з двох модулів: серверний модуль, який контролює процес виконання розрахунків і клієнтський модуль, який виконується на відокремлених ПЕОМ з метою обчислення паралельних операцій. Проведено обчислювальний експеримент по распараллеливанию оптимального алгоритму розв'язання задачі про паросполучення зі зникаючим дугами. Експеримент проводився на базі санаторію «Дениші». Обчислювальний експеримент проведений на серії випадкових умов задачі, що генеруються програмою. Проведено аналіз отриманих результатів шляхом порівняння часу рішення задачі про паросполучення зі зникаючим дугами оптимальним алгоритмом на різних обчислювальних платформах.

Результати. Модифікований метод гілок та меж показує стабільність зменшення часу складання розкладу проходження процедур при збільшенні обчислювальних потужностей.

Висновки. Прогнозований найменший час складання розкладу, отримано на обчислювальній платформі з максимальною кількістю задіяних ПЕОМ. Прогнозований час складання розкладу при використанні алгоритму розпаралелювання модифікації методу гілок і меж прямо пропорційно залежить від кількості вершин дводольного графа (що дорівнює сумі кількості процедур і кількості пацієнтів), кількості призначених процедур і обмежень.

Ключові слова: паросполучення, дводольний граф, метод гілок і меж, метод повного перебору, розпаралелювання.

НОМЕНКЛАТУРА

ЗПД – задача про призначення з умовами несумісності деяких пар робіт та їх виконавців;

$k_{лп}$ – кількість лікувальних процедур;

$k_{п}$ – кількість пацієнтів;

$k_{пш}$ – кількість призначених процедур;

C_{ij} – обмеження прийому процедур;

G – дводольний оргграф;

X – множина вершин, кожна з яких відповідає можливому проміжку прийому процедур;

Y – множина вершин відповідних множині всіх процедур;

ICS_DENISH – програма автоматизованого формування розкладу прийому процедур пацієнтами санаторію;

t_{BP}^{IP} – прогнозований час формування розкладу;

$t_{МП}$ – час складання розкладу методом повного перебору.

ВСТУП

Призначення процедур в сучасних санаторних та лікувальних закладах є складним процесом, що повинен враховувати досить велику кількість факторів, основними з яких є [1, 2]:

- перелік призначених лікарем процедур;
- час роботи процедурного кабінету;

- пропускна здатність процедурного кабінету (одну процедуру одночасно можуть приймати декілька пацієнтів);

- тривалість прийому процедури (для різних процедур тривалість прийому процедури різна);

- тривалість часу технічної перерви між прийомами процедур;

- сумісність процедур (пацієнт не може одночасно приймати декілька процедур, але крім цього, на розклад накладається додаткове обмеження – пацієнт не може приймати наступну процедуру менш ніж через деякий час після прийняття попередньої, для кожної пари процедур значення часу сумісності може різнитися).

Такі задачі з успіхом розв’язуються математичним апаратом теорії розкладу – розділ прикладної математики, що вивчає моделі впорядкування та методи складання розкладів [3].

В статті [1] розглянуто задачу складання розкладу проходження процедур пацієнтами санаторію. Сформульована задача зведена до розширеної задачі пошуку максимального паросполучення у дводольному графі. Розроблено оптимальний алгоритм її розв’язання на базі відомого методу гілок та меж.

Із NP-повноти задачі «Про паросполучення зі зникаючими дугами», яка доведена в [1], слідує, що вона не піддається ефективним точним методам [4].

Відомо, що будь-яка NP-повна задача може бути розв’язана методом повного перебору. Але при цьому, в залежності від розмірності задачі, потрібні обчислювальні ресурси та час її розв’язання можуть бути неприпустимо великими з практичної точки зору.

Для оптимізації процесу повного перебору застосовують метод гілок та меж, який дозволяє зменшувати множину допустимих розв’язків за допомогою ефективного алгоритму пошуку, а також розпаралелювання обчислень.

Слід зазначити, що для методу віток та меж найбільшу складність мають саме процедура розгалуження та процедура знаходження оцінок верхніх і нижніх меж для оптимального значення на підмножині припустимих розв’язків.

Розпаралелювання обчислень не звужує кількість варіантів, що аналізуються, а лише скорочує потрібний на це час.

Таким чином, найбільш доцільною схемою зменшення обчислювальної складності знаходження точного розв’язання NP-повних задач залишається скорочення повного перебору.

Метою обчислювального експерименту є визначення доцільності розпаралелювання запропонованої модифікації методу гілок та меж для розв’язання задачі про паросполучення зі зникаючими дугами для прикладного використання його в санаторних закладах України.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Оскільки програмний продукт є орієнтований на кінцевого покупця загальна постановка задачі має наступний вигляд:

1. Потрібно розробити задачу, що забезпечує збереження таких даних:

- відомості про пацієнтів та збереження архіву даних;

- повна характеристика процедур та час сумісності процедур;

- інформація про лікарів їх спеціалізації та вагові коефіцієнти;

- вихідні та свята.

2. Задача має забезпечити виконання наступних функцій та розрахунків:

- додавання, редагування, знищення, сортування, друк та пошук даних по всім перерахованим пунктам;

- закріплення хворого за певним лікарем та розрахунок навантаження лікарів;

- призначення лікарем пацієнту певної кількості процедур;

- формування розкладу пацієнта з урахуванням завантаження процедурних кабінетів;

- система має забезпечити формування розкладу в двох режимах:

3. Формування розкладу пацієнта одразу після призначення (ручний режим);

4. Автоматичне формування розкладу для всіх пацієнтів.

- можливість редагування розкладу;

- розрахунок перегляд та друк загальних та вільних лімітів лікарів на призначення процедур;

- розрахунок, перегляд і друк резерву процедур та загальної кількості призначених процедур;

- розрахунок та друк завантаження процедурних кабінетів на певну дату.

В основі порівняльного обчислювального експерименту є доказ доцільності розпаралелювання алгоритму розв’язку задачі складання розкладу приймання лікувальних процедур пацієнтами для прикладного використання його в санаторних закладах України.

Для досягнення мети експерименту необхідно:

1. Оцінити часові витрати на виконання розрахунків на різних обчислювальних платформах, що мають різні обчислювальні потужності: різну кількість ядер мікропроцесора, різний обсяг пам’яті, тощо.

2. Порівняти результати та визначити ефективність та доцільність розпаралелювання процесу розв’язку. Критерієм ефективності є мінімізація часу виконання розрахунків щодо пошуку найбільшого паросполучення у дводольному графі зі зникаючими дугами.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Метод гілок і меж [5] є загальним алгоритмічним методом вирішення різноманітних оптимізаційних задач. Він широко застосовується для таких NP-повних задач, як задача комівояжера та задача о ранці. В методі гілок і меж використовуються дві процедури: розгалуження та знаходження оцінок (меж).

Із NP-повноти задачі «Про паросполучення зі зникаючими дугами», яка доведена в [1], слідує, що вона не піддається ефективним точним методам [4].

Відомо, що будь-яка NP-повна задача може бути розв’язана методом повного перебору. Але при цьому, в залежності від розмірності задачі, потрібні обчислювальні ресурси та час її розв’язання можуть бути неприпустимо великими з практичної точки зору.

Для оптимізації процесу повного перебору застосовують метод віток та меж, який дозволяє зменшувати

множину допустимих розв'язків за допомогою ефективного алгоритму пошуку, а також розпаралелювання обчислень [6].

Слід зазначити, що для методу віток та меж найбільшу складність мають саме процедура розгалуження та процедура знаходження оцінок верхніх і нижніх меж для оптимального значення на підмножині припустимих розв'язків.

Розпаралелювання обчислень не звужує кількість варіантів, що аналізуються, а лише скорочує потрібний на це час.

У багатьох публікаціях запропоновано алгоритми рішення класичної задачі про паросполучення, які дозволили скоротити обчислювальну складність програмних реалізацій [7, 8].

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Ряд задач про паросполучення в дводольних графах містить обмеження, що забороняє при виборі однієї дуги включати в рішення іншу дугу. Наприклад, якщо дуга (x, y) вже міститься в паросполученні, то йому не може належати дуга (v, w) . Такі дуги називаються несумісними. Вони включені в умови задачі про паросполучення зі зникаючим дугами (ЗПД). Очевидно, ЗПД - це задача про призначення з умовами несумісності деяких пар робіт та їх виконавців.

Розглянемо одну з прикладних версій ЗПД – задача розподілу в часі оздоровчих процедур між пацієнтами санаторію. Санаторій надає список різних процедур. Пацієнт повинен пройти лікувальний курс з усіх або декількох процедур цього списку. Для кожної окремої процедури заданий графік її проведення в вигляді послідовності часових проміжків. Пацієнту призначається не більше однієї процедури зі списку. Потрібно знайти відповідність між множиною всіх процедур і множиною всіх часових проміжків:

Опишемо умови поставленої задачі в термінах дводольних графів. Нехай $G = (X, Y, E)$ – дводольний оргграф, де X – множина вершин x_i , кожна з яких відповідає можливою проміжку прийому процедур, $i = 1, m$; Y – множина вершин y_j , $j = 1, n$ відповідних множині всіх процедур, що призначаються пацієнтам. Дуга $(x_i, y_j) \in E$, тоді і тільки тоді, коли процедуру y_j можна прийняти в проміжку часу x_i .

Очевидно, рішенням задачі є максимальне паросполучення в дводольному графі.

Доповнимо умови задачі наступним обмеженням: друга процедура призначається після першої не раніше ніж через годину. Тоді з паросполучення, що включає дугу (x_1, y_1) , повинні автоматично зникнути дуга (x_3, y_2) не сумісна з дугою (x_1, y_1) . У загальному випадку умова несумісності задана на деякій підмножині дуг дводольного оргграфа. Потрібно знайти паросполучення, що включає максимальну кількість сумісних дуг.

В процесі покрокової побудови такого паросполучення деякі дуги будуть зникати, змінюючи структуру дводольного оргграфа. Вже згадана ЗПД – це задача про максимальне паросполучення в дводольному оргграфі з заданою підмножиною дуг (x_i, y_j) . Для кожної

дуги (x_i, y_j) оргграфа визначена підмножина дуг $C_{i,j}$, які не включаються до допустимого рішення, якщо в нього включена дуга (x_i, y_j) . Дуги множини $C_{i,j}$ зникають з графа G при включенні дуги (x_i, y_j) і знову стають видимими при її виключенні. Відношення несумісності дуги (x_i, y_j) з підмножиною дуг $C_{i,j}$ позначимо $(x_i, y_j) \rightarrow C_{i,j} = \{(x_{i1}, y_{j1}), (x_{i2}, y_{j2}), \dots, (x_{ik}, y_{jk})\}$.

Для розв'язку сформульованої задачі було розроблено оптимальний алгоритм на базі метода гілок та меж [2].

Для подальшого проведення експерименту було розроблено програму NetRemoting, що призначена для автоматизованого формування розкладу прийому процедур пацієнтами санаторію, який складається за допомогою оптимального алгоритму рішення задачі ЗПД. Крім того, програма забезпечує: розрахунок навантаження лікарів, розрахунок, перегляд та друк загальних і вільних лімітів лікарів, розрахунок, перегляд і друк резерву процедур та загальної кількості призначених процедур, розрахунок завантаження процедурних кабінетів.

Програма автоматизованого формування розкладу прийому процедур пацієнтами санаторію (ICS_DENISH) розрахована на виконання на ПЕОМ типу IBM PC і працює під управлінням операційної системи Windows 8 або вище. Операційна система, що рекомендується, – Windows 10.

Перед проведенням експерименту виконані наступні інструкції

1. Встановлено програмне забезпечення (netframework «v2.0.50727»).

2. Налаштовано ПЕОМ, на якій виконується серверний модуль:

2.1. Відключено антивірус.

2.2. Відключено Брандмауер.

2.3. Додано до виключень порт 8008, по якому йде обмін даними.

2.4. Визначено IP адресу сервера.

3. Налаштовано клієнтський програмний модуль:

3.1. В файл Client.exe.config вписано IP адресу сервера «tcp://192.168.2.101:8008/P11ControlProcess.rem».

3.2. Відключено антивірус.

3.3. Відключено Брандмауер.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Експеримент проводився з використанням авторського проблемно-орієнтованого інструментарію – програми ICS_DENISH. Програма складається з двох модулів: серверний модуль, що контролює процес виконання розрахунків та клієнтський модуль, який виконується на відділених ПЕОМ з метою обчислення паралельних операцій. Програма вирішує задачу складання розкладу приймання процедур пацієнтами санаторію модифікованим методом гілок та меж. Обчислювальний експеримент проведено на серії випадкових умов задачі, що генеруються програмою. Вхідні параметри наведені у табл. 2 були випадковими (реєстрованими, але некерованими). Вихідним параметром для проведення обчислювального експерименту є t_{BP}^{HP} – прогнозований час формування розкладу за таких умов. Кількість випробувань та вхідні параметри відповідають (табл. 1–2).

Вихідним параметром для проведення порівняльного обчислювального експерименту є час t_{BP} , що витрачається на виконання розрахунків щодо складання розкладу приймання лікувальних процедур пацієнтами санаторію за допомогою програми ICS_DENISH.

Узагальнені інструкції використання програмного забезпечення при проведенні обчислювального експерименту:

1. Запустити на сервері програмне забезпечення, обрати потрібну кількість клієнтів і чекати їх підключення. Основне вікно серверного модуля представлено на рис. 1.

2. Після підключення всіх клієнтів сервер переходить в режим генерації вихідних даних, вибираємо потрібну кількість процедур, людей, призначених процедур і натискаємо кнопку, сервер генерує дані. Вікно генерації вихідних даних представлено на рис. 2.

Сервер переходить до режиму готовності до обчислень. Вікно готовності серверного модуля до обчислень наведено на рис. 3.

3. Отримати результат. Екран програми з результатом обчислення наведено на рис. 4.

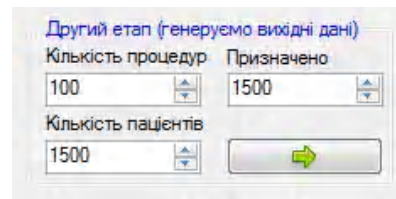


Рисунок 2 – Вікно генерації вихідних даних



Рисунок 4 – Вікно з результатом обчислень t_{BP}^{PP}

Для проведення обчислювального експерименту були використані комп'ютери з характеристиками згідно табл. 1, з яких було сформовано три обчислювальні платформи, що наведені на рис. 5.

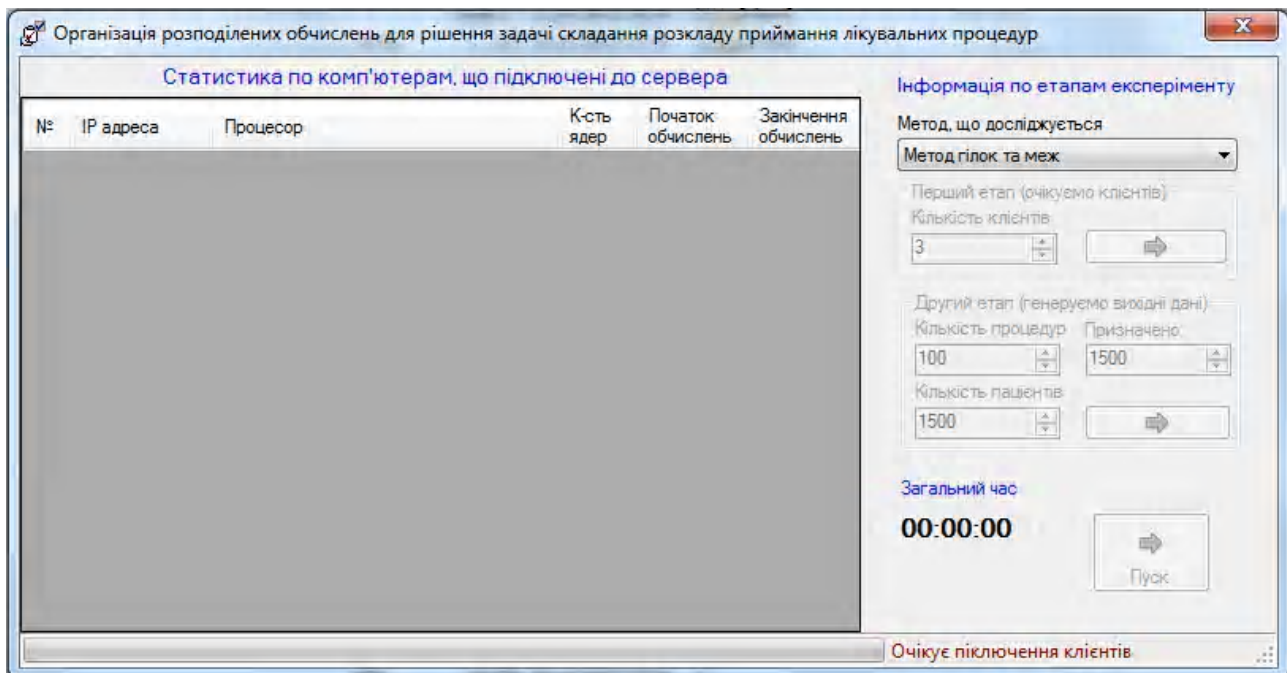


Рисунок 1 – Основне вікно серверного модуля

Таблиця 1 – Характеристики комп'ютерів, що були використані для проведення порівняльного обчислювального експерименту

Номер обчислювальної платформи	Назва мікропроцесора	Кіль. ядер	Тактова частота	Обсяг оперативної пам'яті ПЕОМ
1	Pentium 4	1	2,42 ГГц	512 МБ
2	Intel Celeron E3300	2	2,50 ГГц	2 ГБ
3	Intel Core i5-3570K	4	3,4 ГГц	4 ГБ

Таблиця 2 – Перелік вхідних параметрів обчислювального експерименту

Номер параметру	Позначка	Назва параметру	Тип параметру
1	$k_{лп}$	Кількість лікувальних процедур	Детермінований
2	$k_{п}$	Кількість пацієнтів	Випадковий
3	$k_{пп}$	Кількість призначених процедур	Випадковий
4	C_{ij}	Обмеження прийому процедур	Детермінований

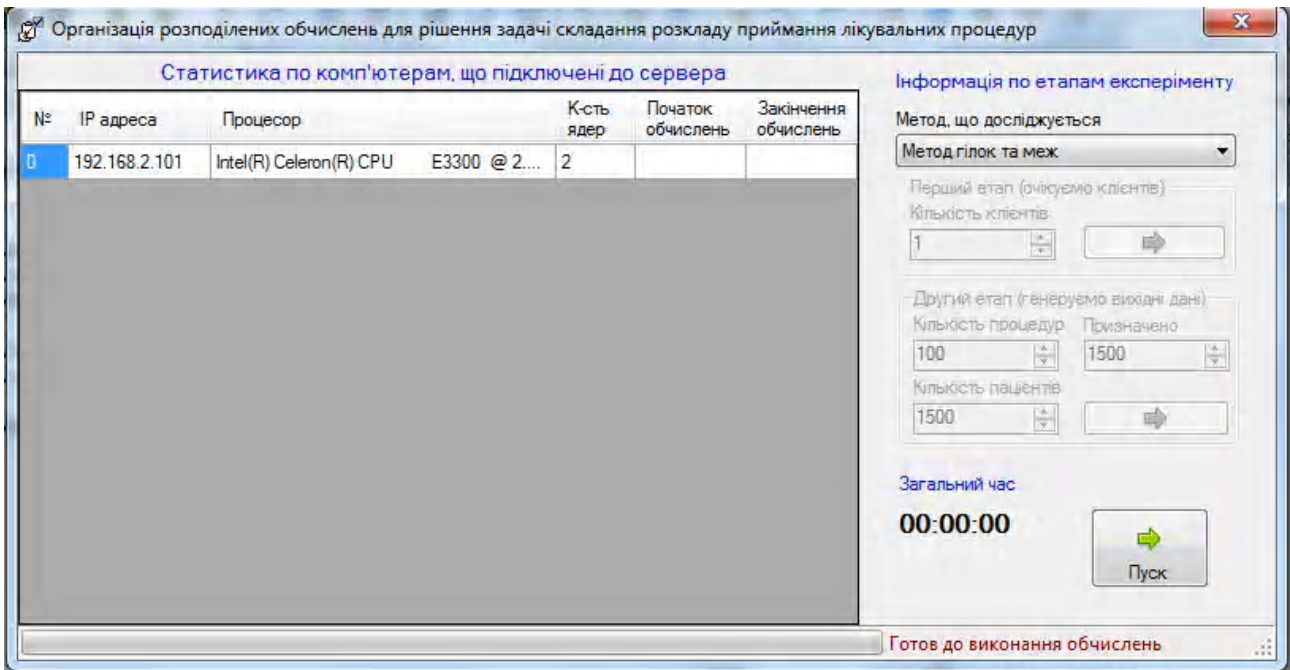


Рисунок 3 – Вікно готовності серверного модуля до обчислень

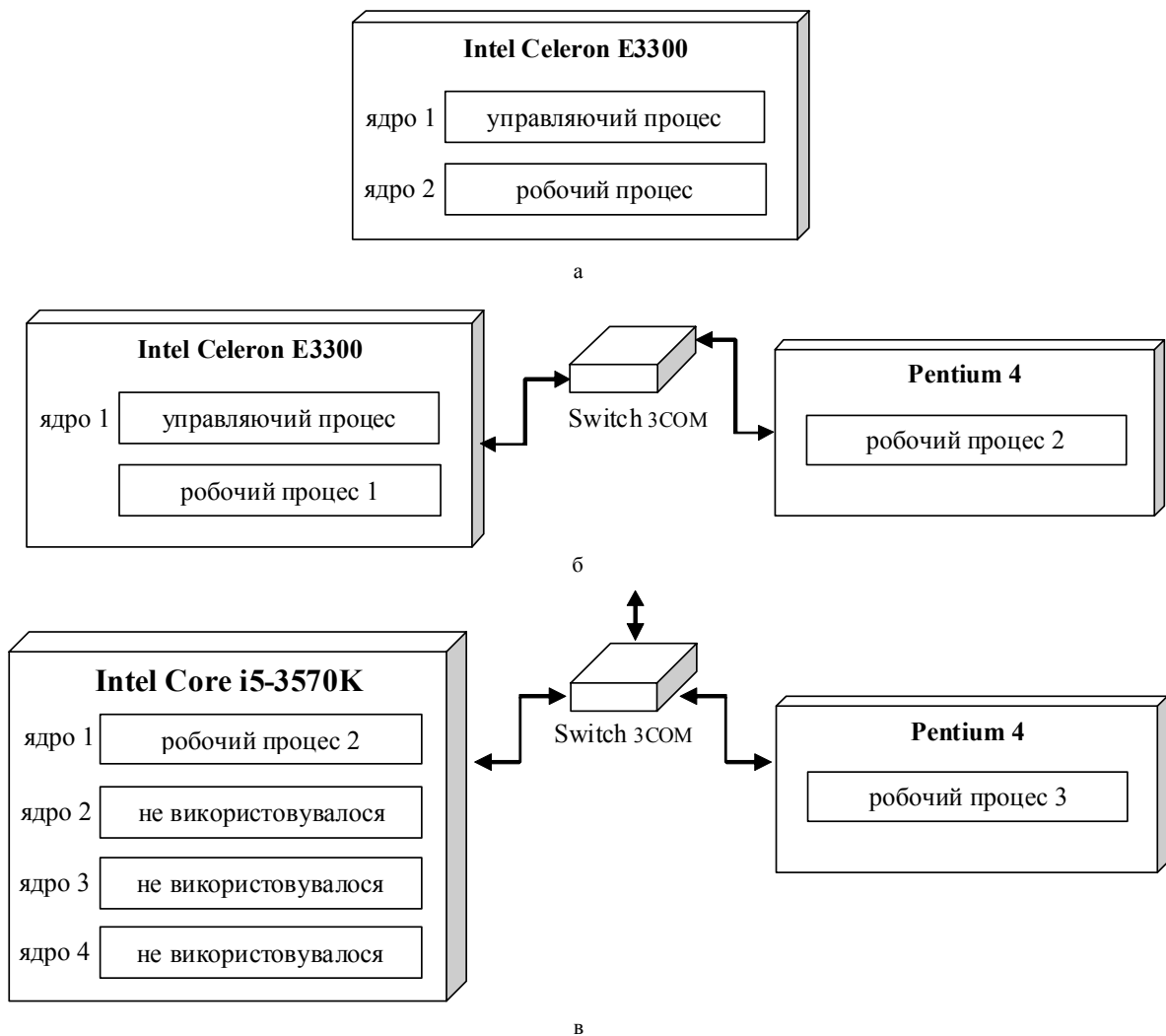


Рисунок 5 – Структура процесів, що були задіяні на різних обчислювальних платформах:
а – перша обчислювальна платформа; б – друга обчислювальна платформа; в – третя обчислювальна платформа

Таблиця 6 – Результати окремих випробувань обчислювального експерименту

Номер випробування	Вхідні параметри			Прогнозований час формування розкладу		
	$k_{лп}$	$k_{п}$	$K_{пп}$	Перша платформа	Друга платформа	Третя платформа
1	74	1584	2974	71,2	37,4	23,8
2	74	1312	3217	91,5	48,8	31,2
3	80	1723	3343	112,4	59,2	38,7
4	80	1784	3578	115,8	60,1	40,4
5	85	1837	3724	137	71,7	47
...
86	129	8719	51622	412,2	209,3	138,1

5 РЕЗУЛЬТАТИ

У кожному випробуванні наведеному у табл. 6 наведено вимір часу на виконання розрахунків модифікацією методу гілок та меж для різних обчислювальних платформ, що наведені на рис. 5.

6 ОБГОВОРЕННЯ

Результати дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Прогнозований час складання розкладу при використанні алгоритму розпаралелювання модифікації методу гілок та меж прямо пропорційно залежить від кількості вершин дводольного графу (яка дорівнює сумі кількості процедур та кількості пацієнтів), кількості призначених процедур та обмежень.

2. Прогнозовано найменший час складання розкладу, який отримано на обчислювальній платформі з максимальною кількістю задіяних ПЕОМ.

3. Отримано максимальне зменшення часу в 19,1 разів в порівнянні 86-го випробування для третьої платформи з 86 випробуванням для першої платформи для методу повного перебору ($t_{мп}$).

4. Таким чином, доведено доцільність розпаралелювання запропонованої модифікації методу гілок та меж для розв'язання задачі про паросполучення зі зникаючими дугами для прикладного використання його в санаторних закладах України.

ВИСНОВКИ

1. Було проаналізована задача складання розкладу прийому процедур пацієнтами санаторію. Поставлена задача складання розкладу прийому лікувальних процедур сформульована в термінах теорії графів і з урахуванням заданих обмежень описана дводольним графом. Показано, що рішення задачі зводиться до знаходження максимального паросполучення в цьому графі.

2. Проведена модифікація задачі про паросполучення зі зникаючими дугами для складання розкладу при заданих обмеженнях.

3. Розроблено оптимальний алгоритм вирішення задачі про паросполучення, суть якого полягає в знаходженні всіх максимальних паросполучення максимальної потужності з подальшою їх перевіркою на сумісність із заданими обмеженнями.

4. Із застосуванням розробленого програмного продукту проведено порівняльний обчислювальний експеримент, який дозволив оцінити часові характеристики оптимального алгоритму розв'язання задачі про паросполучення зі зникаючими дугами на різних розрахункових платформах і порівняти їх. За результатами розра-

хункового моделювання, можна зробити висновки про доцільність розпаралелювання рішення задачі про паросполучення із зникаючими дугами оптимальним алгоритмом. Модифікований метод гілок та меж показує стабільність зменшення часу складання розкладу приймання процедур пацієнтами при збільшенні обчислювальних потужностей ПЕОМ. Так, наприклад, при $k_{лп} = 85$, $k_{п} = 1837$, $k_{пп} = 3724$ час вирішення задачі на третій платформі зменшується у 3 рази порівняно з першою обчислювальною платформою.

Практична цінність досліджень полягає в можливості їх використання при розробці та застосуванні систем календарного планування і оперативного управління в лікувальному процесі. Дослідження також застосовні при розробці систем управління гнучкими автоматизованими системами для підприємств з дискретним характером виробництва.

Автори планують надалі додати ваги кожній дузі і вирішити задачу про паросполучення з «зникаючими» дугами в модифікованому вигляді.

Перспективним напрямком подальших досліджень є модифікація відомих методів (генетичного, мурашиного і т.д.) Для вирішення задачі складання розкладу прийому процедур пацієнтами санаторію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Данильченко А. О. Розв'язання одного класу задач складання розкладів генетичними алгоритмами на кластерних системах / О. М. Данильченко, А. О. Данильченко, С. А. Ібрагім // Вісник ЖІПІ. – 2004. – № 4. – С.130–135.
2. Данильченко А. О. Задача про паросполучення зі «зникаючими» дугами / А. О. Данильченко, А. В. Панішев, А. М. Данильченко // Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології». – 2012. – № 63. – С.75–81.
3. Лупин С. А. http://sevntu.com.ua/cgi-bin/irbis64r_72/cgi-bin/64.exe?Z2ID=&P1DBN=JOURN_PRINT&P2IDBN=JOURN&S2ISTN=1&S21REF=&S21FMT=fullw_print&C21COM=S&S21CNR=&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21STR= Метод решения задач составления расписания, ориентированный на кластерные вычислительные системы / С. А. Лупин, Т. В. Милехина // Известия ВУЗов. Сер. Электроника. – 2007. – № 6. – С. 63–69
4. Пападимитриу Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу, К. Стаглиц. – Москва : Мир, 1985. – 512 с.
5. Жолобов Д. А. Введение в математическое программирование: учебное пособие / Д. А. Жолобов. – Москва: МИФИ, 2008. – 376 с.
6. Агеев А. А. Приближенный алгоритм решения метрической задачи о двух коммивояжерах с оценкой точности / А. А. Агеев, А. В. Пяткин // Дискретный анализ и исследование операций. Серия 1 : Сибирское отделение Российской академии наук. Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН. – 2009. – Том 16, № 4. – С. 3–20.

7. Li Wenxia A DNA Algorithm for the Maximal Matching Problem / Li Wenxia, E. Patrikeev, Xiao Dongmei // *Automatics and robot.* – 2015. – № 10. – С. 106–112.
8. Sonkin D. Adaptive algorithm of distributing orders for taxi service / D. Sonkin // *The Tomsk Polytechnic University.* – 2009. – № 5. – С. 65–69. Стаття надійшла до редакції 10.04.2017. Після доробки 27.06.2017.

Данильченко А. А.

Старший преподаватель кафедры компьютерной инженерии Житомирского государственного технологического университета, Житомир, Украина

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ПАРОСОЧЕТАНИИ С ИСЧЕЗАЮЩИМИ ДУГАМИ

Актуальность. Рассмотрена задача составления расписания прохождения процедур пациентами санатория, которая сведена к расширенной задаче поиска максимального паросочетания в двудольном графе. Для поставленной задачи о паросочетании с исчезающими дугами разработан оптимальный алгоритм ее решения на базе метода ветвей и границ. Алгоритм учитывает ограничения совместимости процедур. Проведен расчетный эксперимент в основе которого лежит доказательство целесообразности распараллеливания оптимального алгоритма решения задачи составления расписания приема лечебных процедур пациентами для прикладного использования его в санаторных заведениях Украины.

Цель работы. Доказать целесообразность распараллеливания оптимального алгоритма решения задачи составления расписания прохождения процедур пациентами санатория.

Метод. Сформулирована математическая модель задачи о паросочетании с исчезающими дугами. Выбраны вычислительные платформы разной конфигурации имеющие различные вычислительные мощности: разное количество ядер процессора, разный объем памяти, и т.д. Написано авторское программное обеспечение для проведения эксперимента. Программа состоит из двух модулей: серверный модуль, контролирующий процесс выполнения расчетов и клиентский модуль, который выполняется на отдельных ПЭВМ с целью вычисления параллельных операций. Проведен вычислительный эксперимент по распараллеливанию оптимального алгоритма решения задачи о паросочетании с исчезающими дугами. Эксперимент проводился на базе санатория «Дениши». Вычислительный эксперимент проведен на серии случайных условий задачи, генерируемых программой. Проведен анализ полученных результатов путем сравнения времени решения задачи о паросочетании с исчезающими дугами оптимальным алгоритмом на разных вычислительных платформах.

Результаты. Модифицированный метод ветвей и границ показывает стабильность уменьшения времени составления расписания прохождения процедур при увеличении вычислительных мощностей.

Выводы. Прогнозируемое наименьшее время составления расписания, получено на вычислительной платформе с максимальным количеством задействованных ПЭВМ. Прогнозируемое время составления расписания при использовании алгоритма распараллеливания модификации метода ветвей и границ прямо пропорционально зависит от количества вершин двудольного графа (которое равно сумме количества процедур и количества пациентов), количества назначенных процедур и ограничений.

Ключевые слова: паросочетание, двудольный граф, метод ветвей и границ, метод полного перебора, распараллеливания.

Danylchenko A.

Senior lecturer in Computer Engineering Zhytomyr State Technological University, Zhitomir, Ukraine

PARALLELING MODIFIED METHOD OF BRANCH AND BOUND TO SOLVE PROBLEM OF MATCHING CURVES FROM DANGEROUS OR THREATENED

Context. The problem of scheduling the passage of procedures of sanatorium patients, which is reduced to the problem of finding an extended maximum matching in a bipartite graph. For the task of matchings with disappearing arcs developed an optimal algorithm of its solution based on branch and bound method. The algorithm takes into account the limits of compatibility procedures. Spend the current experiment based on the evidence of the feasibility of algorithm parallelization for solving the problem of optimal scheduling patients receiving therapeutic treatments applied to its use in the health institutions of Ukraine.

Objective. To prove the feasibility of the algorithm parallelization optimal solution of our problem.

Method. A mathematical model of the problem of matchings with disappearing arcs. Selected computing platforms of different configurations with a variety of computing power: a different number of processor cores, different amounts of memory, etc. Written copyright software for the experiment. The program consists of two modules: a server module, which controls the process of performing calculations and client module that runs on the PC are separated for the purpose of calculating the parallel operations. The experiment was conducted on the basis of sanatorium “Denyshi”. Computational experiments for optimal algorithm parallelization for solving the problem of matchings with disappearing arcs. Computer experiment carried out on a series of random conditions of the problem generated by the program. The analysis of the results by comparing the time solving the problem of matchings with disappearing arcs optimal algorithm on different computing platforms.

Results. The modified method of branches and borders shows the stability of reducing the time of scheduling transmission procedures with increasing computing power.

Conclusions. Estimated minimum time scheduling, received at the computer platform with the maximum number of PCs involved. Estimated time scheduling algorithm parallelization by using modifications of the branch and bound directly proportional to the number of vertices of a bipartite graph (which is equal to the sum of the number of procedures and the number of patients), the number of assigned procedures and restrictions.

Keywords: matching, bipartite graphs, branch and bound method, the method of exhaustive search, parallelization.

REFERENCES

- Danylchenko A. O., Danylchenko A. O., Íbragim S. A. Rozv'yazannya odnogo klasu zadach skladannya rozkladiv genichnimi algoritmami na klasternikh sistemakh, *Visnik ZHÍTÍ*, 2004, No. 4, pp. 130–135.
- Danylchenko A. O., Panishev A. V., Danylchenko A. M. Zadacha pro parospoluchennya zi «znikayuchimi» dugami, *Zbírnik naukovikh prats' «Modelyuvannya ta informatsiyini tekhnologiyi»*, 2012, No. 63, pp. 75–81.
- Lupin S. The method for solving scheduling problems, focused on cluster computing systems, *Proceedings of the universities. Ser. Electronics: scientific-technical*, 2007, 6, pp. 63–69.
- Papadimitriou KH., Staglios K. *Kombinatornaya optimizatsiya. Algoritmy i slozhnost'*. Moscow, Mir, 1985, 512 p.
- Zholobov D. A. *Vvedeniye v matematicheskoye programmirovaniye: uchebnoye posobiye*. Moscow, MIFI, 2008, 376 p.
- Ageev A. Approximate algorithm for solving the problem of metric peripatetic salesman with an estimate of the accuracy. *Discrete Analysis and Operations Research. Series 1: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Institute of Mathematics. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.* 2009, 4, pp. 3–20.
- Li Wenxia Patrikeev E., Dongmei Xiao A DNA Algorithm for the Maximal Matching Problem, *Automatics and robot*, 2015, No. 10, pp. 106–112.
- Sonkin D. Adaptive algorithm of distributing orders for taxi service, *The Tomsk Polytechnic University*, 2009, No. 5, pp. 65–69.