

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, доцента Рака Тараса Євгеновича на
дисертаційну роботу Бабича Сергія Васильовича
«Інформаційна технологія складання розкладу занять згідно перманентної
декомпозиції» подану на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертації

Розробка програмних засобів, моделей і методів автоматизації процесів розв'язання задач календарного планування, зокрема, складання розкладів занять, є одним з пріоритетних напрямків розвитку інформаційних технологій, мабуть, протягом останніх десятиліть. Ця проблематика активно досліджується і зараз у багатьох напрямках, зокрема, розробки нових ефективних алгоритмів генерації комбінаторних об'єктів, що враховують багатокритеріальність задач та наявність множини додаткових вимог та критеріїв.

В даній галузі застосовуються усі можливі сучасні напрацювання, зокрема, у сфері штучного інтелекту. І це цілком закономірно, зважаючи на важливість задач складання розкладів та обчислювальну складність існуючих алгоритмів. На сьогодні напрацьовано цілу низку методів та підходів до розв'язання відповідних задач. Однак, ще залишаються невирішені проблеми, особливо в практичній площині розробки інформаційних технологій для складання розкладів. Тому дисертаційне дослідження Бабича С.В. є актуальним, сучасним за вибором методів вирішення сформульованих завдань та робить вагомий внесок в удосконалення інформаційної технології складання розкладів занять закладів освіти.

Основний зміст роботи

У роботі автором проведено дослідження та вирішена актуальна науково-практична задача покращення ефективності технологій складання



розкладів шляхом розробки інформаційної технології, в основі якої покладено методи перманентної декомпозиції.

Саме метод перманентної декомпозиції, який вперше запропонований у роботі в контексті задачі складання розкладів, становить основу відповідної інформаційної технології та представляє найбільшу наукову та практичну цінність цієї роботи. Метод має серйозні перспективи його застосування для широкого класу задач генерації комбінаторних об'єктів складної структури та використання в суміжних галузях, зокрема, в системах інформаційного захисту .

У першому розділі проведено обґрунтування завдань дослідження та аналіз стану проблеми складання розкладу занять в закладах освіти. Автор робить спробу класифікувати публікації, що стосуються проблеми автоматизованої генерації розкладу занять ЗВО, сучасні методи складання навчального розкладу за певними класифікаційними ознаками а також існуючі інформаційні системи. Зокрема, виділяються методи комбінаторної оптимізації, декомпозиційні методи, методи евристичного пошуку та метаевристичні методи.

Існуючі методи комбінаторної оптимізації, зокрема, алгоритми перебору, метод гілок та границь, не здатні за прийнятний час вирішувати існуючі завдання складання оптимального навчального розкладу великої розмірності. А тому зараз застосовуються евристичні та метаевристичні методи, зокрема, методи локального пошуку, що включають пошук із заборонами і стохастичний пошук, метод імітації відпалу, генетичні чи еволюційні алгоритми, метод мурашиних колоній тощо.

У розділі також проведено аналіз понад 200 інформаційних систем для складання розкладів занять, що наявні на українському та міжнародному ринках програмного забезпечення. Пропонуються окремі параметри класифікації за складністю інформаційних систем, зокрема, «глибоке календарне планування» (SM+) та «просте календарне планування» (SM(b)), що є прикладом простих процесів task scheduling в інформаційній системі .

Другий розділ дисертаційного дослідження присвячено розробці інформаційної технології складання розкладів та критеріального методу аналізу вхідних даних. В основу критеріального методу покладено поняття матриці розкладу, що є матрицею ідентифікаторів викладачів, які проводять заняття у відповідних групах (стовпчики матриці відповідають групам, рядки матриці відповідають парам таблиці розкладу).

В розділі сформульовано та доведено низку властивостей та критеріїв, які дозволяють за конфігураційною структурою матриці розкладу визначити, чи можна на основі вихідної побудувати таку матрицю розкладів, що задовольняє певні додаткові умови (наприклад, відсутність «вікон» у розкладі для викладачів чи студентів).

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено розробленню та дослідженню методу перманентної декомпозиції та застосування спеціально введеної алгебри паддитивно-диз'юнктивних форм для процедур генерації розкладів.

Суть методу перманентної декомпозиції полягає у тому, що до процедури розкладу модифікованого перманента за рядком з метою обчислення самого значення перманента додається процедура запам'ятовування ідентифікаторів стовпців матриці інцидентності. При цьому вводяться спеціальні матриці інцидентності, а також модифіковані процедури побудови перманент таких матриць.

Особливістю інформаційної технології є те, що запропоновані матриці інцидентності дозволяють враховувати окремі додаткові вимоги (наприклад, інформацію про потоки) на етапі їх побудови. Таким чином, окремі проблеми тут вирішуються автоматично лише за рахунок відповідної організації структур даних, як, наприклад, проблема «потоків», що дозволяє уникнути громіздких додаткових обчислювальних процедур.

Четвертий розділ присвячено розробленню на основі запропонованих методів інформаційної системи складання розкладу занять, яка є фактично поєднанням методів, що розглядались у попередніх розділах та певних

евристичних підходів. У відповідній технології врахована можливість максимального врахування інтересів усіх стейкхолдерів, що є зараз важливим та актуальним.

Також в розділі описано деякі експериментальні дослідження. Метод перманентної декомпозиції порівнювався на тестових задачах з відомими методами, такими як висхідний алгоритм, лексикографічний алгоритм, Неар-алгоритм та алгоритм Штайнмайєра-Джонсона-Троттера. З теоретичної точки зору всі ці алгоритми належать до одного і того ж класу складності ($O(n!)$). Однак, на практиці, найкращі результати для тестової задачі генерації перестановок показали метод перманентної декомпозиції та алгоритм Штайнмайєра-Джонсона-Троттера (ці методи виявились практично однаковими за швидкістю).

У додатках наведено акти впровадження результатів дослідження.

Зв'язок теми з планами наукових досліджень установи, де виконувалась дисертація

Дисертаційне дослідження проведено у рамках науково-дослідної роботи Національного університету водного господарства та природокористування, зокрема наукової теми «Методи ідентифікації параметрів та математичні моделі, що ґрунтуються на базі багатоканальних систем масового обслуговування», номер держреєстрації №0114U0011181, де здобувачу належить реалізація окремих алгоритмів для моделювання багатоканальних систем масового обслуговування та оптимізації кількості обслуговуючих пристроїв.

Наукова новизна одержаних результатів

До основних наукових результатів, що отримані автором, можна віднести такі:

1. Вперше розроблено критеріальний метод перевірки допустимості матриць розкладів, який, на відміну від відомих методів, враховує конфігурації матриць, що дає змогу здійснити аналіз коректності вхідних даних.

2. Вперше розроблено метод перманентної декомпозиції, який відрізняється від відомих тим, що здійснює генерацію комбінаторних об'єктів

згідно модифікованих перманент матриць інцидентності та дає змогу покращити процеси генерації матриць розкладів.

3. Вперше розроблено метод складання розкладу згідно адитивно-диз'юнктивних форм, який відрізняється від відомих методів використання операцій вибору та включення та дає змогу створювати засоби, які на основі систем різних представників множин, що утворюються стовпцями матриць розкладів, генерують усі варіанти матриць розкладів у відповідності до заданих додаткових вимог.

4. Отримала подальший розвиток інформаційна технологія складання розкладів за принципами перманентної декомпозиції, яка дає змогу генерувати розклади з врахуванням заданих критеріїв та вимог стейкхолдерів і на відміну від відомих ІТ враховує пріоритети вимог стейкхолдерів.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів забезпечується коректністю постановки розглянутої задачі, строгістю доведень відповідних тверджень, що стосуються методу перманентної декомпозиції та критеріального підходу.

Проведено чисельні експерименти, які підтверджують ефективність перманентного підходу до генерації розкладів та розв'язання задач генерації комбінаторних об'єктів.

Значення результатів роботи для теорії та практики

Робота характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача в науку. Дисертація містить в собі науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які в сукупності дають можливість розв'язання науково-практичного завдання – покращення ефективності інформаційної технології складання розкладу занять на основі перманентної декомпозиції. Запропоновані у роботі алгоритми формування комбінаторних об'єктів на основі модифікованих перманент матриць інцидентності дозволили удосконалити сучасне інформаційне забезпечення для задач складання розкладів занять у закладах вищої освіти. Методи, представлені в дисертаційному дослідженні,

реалізовано у відповідному програмному комплексі для формування розкладу занять. Програмне забезпечення було апробовано у Рівненському державному гуманітарному університеті на факультеті математики та інформатики. Результати роботи впроваджено у навчальний процес Національного університету водного господарства та природокористування, Рівненського фахового коледжу при Національному університеті біоресурсів та природокористування (акт впровадження від 12.12.2022 р.), а також, для складання графіків консультацій лікарів у Рівненській обласній лікарні (акт впровадження від 12.12.2022 р.).

Публікація результатів дисертації

Основні положення та результати досліджень роботи опубліковано у 13 працях, зокрема: сім статей [2-8] у наукових фахових періодичних виданнях України, з яких одна стаття [2, Web of Science] в журналі категорії А, шість статей в журналах категорії Б; одна стаття [1, Index Copernicus] у періодичному науковому виданні держави, яка входить до Організації економічного співробітництва та розвитку Європейського Союзу; чотири публікації [9-13] у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій, з них дві роботи включені до міжнародної наукометричної бази Scopus [7, 8].

Апробація результатів дисертації

Результати дисертаційної роботи доповідались на конференціях: “Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів” – матеріали Всеукраїнської наукової конференції, м. Рівне, 2015р.; “Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики (APAMCS–2015)” – матеріали міжнародної конференції, Львів, 24–25 вересня, 2015р.; “Intel ITSIS’ 2021: 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security”, March 24–26, 2021, Khmelnytskyi; Computational & Information Technologies for Control & Modeling (CITCM), 2021, Rivne; “Problems of decision making under uncertainties (PDMU–2015)”, XXVI Int. Conference, Shidnitsa, Ukraine, May 11–15– 2014; “Problems of decision making under

uncertainties (PDMU–2015)”: XXVII Int. Conference, Odesa, Ukraine, August, 23–28– 2015.

Дисертація написана українською мовою, стиль викладу матеріалу відповідає прийнятому в науковій літературі. Зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації.

Зауваження до дисертації

1. У першому розділі при аналізі інформаційних систем для складання розкладів занять не достатньо звертається увага на те, що низка систем не мають повністю автоматизованих функцій генерації розкладу, а вимагають втручання експерта.

2. В роботі недостатньо пояснено, чи може критеріальний метод, який пропонується у другому розділі, використовуватись у поєднанні з методом перманентної декомпозиції, який, по суті, дозволяє згенерувати усі можливі варіанти розкладів і чи може критеріальний метод використовуватись як самостійний метод формування матриць розкладів.

3. Конфігураційний підхід, що пропонується в другому розділі, має певні обмеження, оскільки в деяких критеріях розглядається матриця денного розкладу, що допускає лише три пари на день.

4. В роботі не достатньо проаналізовано переваги побудови аддитивно-диз'юнктивної форми безпосередньо в процесі модифікованої процедури перманентної декомпозиції у порівнянні з підходом, коли АДФ будується вже після згенерованої множини СРПС.

5. У експериментальних дослідженнях методу перманентної декомпозиції не звертається увага на те, що в процесі перманентної декомпозиції здійснюються ще додаткові операції запису ідентифікаторів у список, в той час як в алгоритмі Джонсона-Троттера таких операцій немає – відповідні перестановки просто виводяться на екран. А тому метод перманентної декомпозиції матиме додаткові переваги, якщо поставити умову, що всі перестановки повинні зберігатись в пам'яті.

6. В роботі не деталізовано, як саме критеріальний метод може

працювати у поєднанні з генетичним алгоритмом.

7. В четвертому розділі наводиться порівняння часу роботи інформаційної системи генерації матриці розкладу в порівнянні з генетичним алгоритмом (ст. 158) та вказується, що генетичний алгоритм працює «декілька хвилин», що варто було б деталізувати.

8. Мають місце стилістичні та орфографічні помилки.

Вказані зауваження не мають принципового значення, скоріше носять методичний та технічний характер, і не зменшують наукову та практичну цінність результатів роботи.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Бабича Сергія Васильовича «Інформаційна технологія складання розкладу занять згідно перманентної декомпозиції» є завершеним науковим дослідженням, що виконане на високому науковому рівні, в якій отримано нові науково обґрунтовані та апробовані результати.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 - інформаційні технології. За актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота повністю відповідає пп. 9, 11-13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (з відповідними змінами 2015-2016 років) до кандидатських дисертацій.

Здобувач Бабич Сергій Васильович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 - інформаційні технології.

Офіційний опонент

Доктор технічних наук, доцент,
професор ІТ СТЕП Університету

«19» _____ 06 2023



Т.Є. Рак