

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра комп'ютерних наук

Кваліфікаційна робота бакалавра

з теми: «Багатопотокові методи формування маршрутів та їх оптимізація»

Виконав: здобувач вищої освіти групи KN1-B21
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Яремко Руслан Олегович

Керівник: Щирба Віктор Самуїлович,
кандидат фізико-математичних наук, доцент

Рецензент: Оптасюк Сергій Васильович,
кандидат фізико-математичних наук, доцент

м. Кам'янець-Подільський – 2025 р.

Зміст

АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СПЕЦИФІКА ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОЦЕДУР ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ГРАФІВ	8
1.1. Огляд літературних джерел	8
1.2. Використання паралельного програмування при обробці графів	9
1.2.1. Мотивація використання паралельного програмування	12
1.2.2. Конфлікти, що можливі при роботі паралельних потоків	14
1.2.3. Засоби блокування не коректної роботи паралельних потоків	15
1.2.4. Пул потоків	16
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2 БАГАТОПОТОКОВІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЯ	19
2.1 Основи багатопотокових методів в графових моделях	19
2.2 Основи мурашиного алгоритму	23
2.3 Принципи мурашиного алгоритму	25
2.4 Суть мурашиного алгоритму	28
2.5 Мурашиний алгоритм у багатопотоковій обробці	30
Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РОБОТА З ПАРАЛЕЛЬНИМИ ПРОЦЕДУРАМИ В ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕТОДОМ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ	34
3.1 Постановка задачі	35
3.2 Реалізація мурашиного алгоритму з урахуванням паралельних обчислень	36
3.2.1 Моделювання графа та початкових умов	36
3.2.2 Пошук шляху та візуалізація руху мурах	37
3.2.3 Інструкція до програми	38

Висновки до розділу 3	40
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44
ДОДАТКИ.....	46

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі бакалавра на основі мурашиного алгоритму досліджено специфіку та перспективи використання паралельного програмування при обробці графових моделей.

Актуальність задачі обумовлена потребою використання високопродуктивних обчислювальних підходів при розв'язанні широкого кола прикладних задач від логістики в транспорті до телекомунікаційних мереж і систем штучного інтелекту.

Матеріал роботи знайде своє застосування і в навчальному процесі, зокрема, при вивченні освітніх компонент «Алгоритми та структури даних», «Дискретна математика», в ряді вибіркового компоненту, а також у практичній діяльності фахівців з комп'ютерних наук.

Ключові слова: паралельне програмування, теорія графів та її застосування, оптимізаційні алгоритми на графах.

ВСТУП

У сучасному світі питання ефективного формування маршрутів є надзвичайно актуальним у багатьох сферах — від логістики та транспорту до телекомунікаційних мереж і систем штучного інтелекту. Зі зростанням обсягів даних, складності маршрутних структур і вимог до швидкості обробки, виникає потреба у використанні високопродуктивних обчислювальних підходів. Одним із перспективних напрямів у цій галузі є застосування багатопотокових (паралельних) методів, які дозволяють значно зменшити час обчислень шляхом розподілу навантаження між кількома потоками.

Особливу увагу дослідників привертають біоінспіровані алгоритми, серед яких важливе місце займає мурашиний алгоритм — метаввристичний підхід, що ґрунтується на моделюванні поведінки колоній мурах у природі. Цей алгоритм демонструє високу ефективність при розв'язанні задач комівояжера, оптимізації мережних маршрутів, плануванні розподілу ресурсів та інших комбінаторних графових задач.

Поєднання мурашиного алгоритму з багатопотоковими технологіями відкриває нові можливості для підвищення ефективності обчислень, особливо у випадках, коли потрібно одночасно паралельно оцінювати велику кількість можливих маршрутів. Такий підхід дозволяє не лише прискорити процес знаходження оптимального шляху, але й забезпечити кращу масштабованість системи.

Об'єктом дослідження є процес формування оптимальних маршрутів у складних графових структурах.

Предметом дослідження є застосування багатопотокового мурашиного алгоритму для пошуку найкоротших шляхів та оптимізації маршрутизації.

Метою роботи є дослідження специфіки використання багатопотокових методів формування та оптимізації маршрутів мурашиний алгоритмом, а також аналіз впливу паралельного виконання на ефективність пошуку оптимальних рішень.

У роботі проаналізовано теоретичні основи алгоритму, розглянуто архітектуру багатопотокових систем, а також здійснено експериментальні дослідження з порівнянням продуктивності послідовної та паралельної реалізацій. Кваліфікаційна робота складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатку, в якому розміщено код програмного продукту.

В першому розділі роботи проведено огляд літературних джерел з теми дослідження, розглянуто мотивацію та перспективи використання паралельного програмування при обробці графів, причини появи та засоби блокування конфліктних ситуації, що можливі при роботі паралельний потоків, специфіку використання пулу потоків.

В другому розділі розглянуто суть і принципи мурашиного алгоритму, особливості його використання при багатопотоковій обробці.

В третьому розділі описано практичну роботу з паралельними процедурами в задачі оптимізації методом мурашиного алгоритму.

На підставі проведених досліджень опубліковано дві роботи:

1. Віктор ЩИРБА, Руслан ЯРЕМКО Засоби блокування роботи паралельних потоків. Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. Випуск 17. 2024, с 214-217.

2. Руслан ЯРЕМКО Багатопотокові методи формування маршрутів та їх оптимізація Збірник матеріалів наукової конференції за підсумками науково-

дослідної роботи здобувачів вищої освіти фізико-математичного факультету у 2024-2025 н. р. 9-10 квітня 2025 року. с. 109-112.

Виступав з доповіддю «Дослідження алгоритмів пошуку максимального потоку в потоковій мережі» на науковій конференції студентів і магістрантів університету за підсумками науково-дослідної роботи в 2024-2025 навчальному році.

Розроблені в роботі матеріали можуть впроваджуватися у навчальний процес фізико-математичному факультету Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.

ВИСНОВКИ

Виконана дипломна робота присвячена дослідженню, розробці та впровадженню багатопотокових методів формування маршрутів з використанням мурашиного алгоритму оптимізації, що є сучасним і перспективним інструментом для задач маршрутизації в складних динамічних системах. В процесі дослідження було системно проаналізовано теоретичні основи алгоритмів оптимізації, особливості багатопотокового програмування та способи підвищення продуктивності обчислювальних процесів.

Загальні науково-практичні результати

Теоретичний аналіз і систематизація знань.

У першому розділі проведено детальний огляд теоретичних основ мурашиного алгоритму, багатопотокового програмування та методів оптимізації маршрутів. Встановлено взаємозв'язок між розвитком методів штучного інтелекту, евристичних алгоритмів і сучасними вимогами до обробки великих обсягів даних у режимі реального часу. Це дозволило сформулювати чітку концептуальну базу для подальших розробок.

Розробка та імплементація багатопотокового алгоритму. Другий розділ містить практичну реалізацію мурашиного алгоритму з використанням багатопотокових технологій у середовищі Windows Forms на мові C#. Впровадження паралельних потоків дало змогу значно підвищити швидкодію та ефективність пошуку оптимальних маршрутів, що особливо важливо для задач із великим числом вузлів та динамічно змінними параметрами.

Візуалізація, тестування і оцінка результатів.

У третьому розділі проведено комплексне тестування алгоритму на різних типах графів та сценаріях, що імітують реальні умови роботи логістичних

систем. Реалізовано графічне відображення процесу пошуку маршруту, що дозволяє не лише відслідковувати рух мурах, а й аналізувати структуру та якість обчислень. Порівняння послідовної та паралельної реалізації підтвердило суттєве скорочення часу виконання за рахунок розпаралелювання.

Практичне значення

Результати роботи мають високий прикладний потенціал для впровадження у сфері транспортної логістики, управління складськими комплексами, планування маршрутів доставки і розподілу ресурсів. Використання багатопотокових методів дозволяє досягти високої продуктивності навіть на апаратному забезпеченні середнього рівня, що робить рішення доступним для широкого спектра користувачів і підприємств. Мурашиний алгоритм, адаптований під багатопотокову архітектуру, забезпечує стійкість і адаптивність системи в умовах змінних параметрів середовища.

Перспективи подальших досліджень і розвитку

Проведене дослідження відкриває широкі можливості для подальшого розвитку у кількох напрямках:

Розробка гібридних алгоритмів, що поєднують мурашиний підхід із іншими евристичними або методами машинного навчання, для підвищення точності та швидкості пошуку рішень.

Оптимізація алгоритмів багатопотокового виконання з урахуванням розподілених обчислень та використанням апаратних ресурсів кластерів і хмарних платформ.

Створення інтерактивних систем управління логістикою з розширеною візуалізацією, що враховують реальні часові обмеження, умови руху, дорожню ситуацію та інші зовнішні фактори.

Розробка модулів самонавчання та адаптації маршрутів у реальному часі з урахуванням зміни трафіку, погодних умов і технічного стану транспортних засобів.

Загальна оцінка виконаної роботи.

Виконана дипломна робота є вагомим внеском у сферу дослідження методів оптимізації маршрутів і демонструє ефективність використання багатопотокового програмування для складних обчислювальних задач. Отримані результати можуть бути використані як основа для створення комерційних продуктів у сфері логістики та транспорту, а також для подальших наукових досліджень в галузі штучного інтелекту та паралельних обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бартіш М. Я. Дослідження операцій. Ч. 2. Алгоритми оптимізації на графах, 2007. 168 с.
2. Кметь О.І. Мурашиний алгоритм для розв'язання задач маршрутизації транспорту
<https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/133ac692-b901-43ba-a916-7a99616c43b1/content>
3. Коротач І.В. Дослідження методів мурашиних колоній для вирішення задачі QSAR. <https://openarchive.nure.ua/download>
4. Лекція 10. Мурашині алгоритми та інші види еволюційних алгоритмів
https://learn.ztu.edu.ua/III_Л-10_ГА2_22
5. Литвинов О.А., Хандецький В.С. Л Л64 Розподілена обробка інформації : [моногр.] Донецьк: ТОВ «Баланс-Клуб», 2013. 314 с.
6. Михайленко Р.М. Паралельні та розподілені обчислення: навч. посіб. Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2021. 153 с.
7. Нікольський Ю. В., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. Дискретна математика: Підручник. Київ: Видавнича група ВНУ, 2007. 368 с.
8. Семеренко В. П. Технології паралельних обчислень: навчальний посібник Вінниця : ВНТУ, 2018. 104 с.
9. Сизько В.А., Бабенко М.В., Лимар Н.М., Госало І.О Розробка паралельного мурашиного алгоритму на прикладі задачі комівояжера. Комп'ютерні науки та інформаційні технології. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. 2020. С 105-108. <http://sj.dstu.dp.ua/article/view/211502>
10. Тимчук О.С., Проценко Я.А., Парамонов А.І. Застосування алгоритму мурашиної колонії до вирішення задачі декількох комівояжерів без депо. Системи обробки інформації, 2019, випуск 3 (158). С. 73-78.

11. Штовба С. Д., Рудий О. М. Мурашині алгоритми оптимізації. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2004. № 4, С. 62-69.
12. Яровий, А. А. Методи та засоби організації високопродуктивних паралельно-ієрархічних обчислювальних систем із рекурсивною архітектурою : монографія Вінниця : ВНТУ, 2016. 363 с.