

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

МУРАШИНИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

Кваліфікаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:

Кметь О.І.
студ. гр. СПм-20-2

Керівник:

Токарев В.В.
доц. каф. ЕОМ

2022

МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ є дослідження ефективних методів вирішення багатокритеріальних завдань Vehicle Routing Problem на основі технології – мурашиного алгоритму.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ:

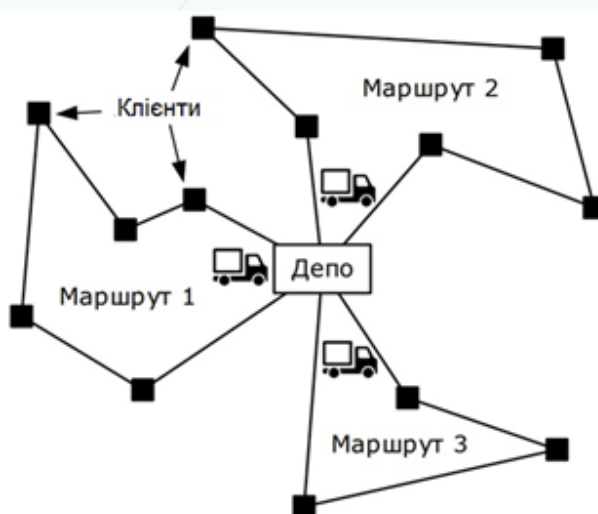
- ❖ провести огляд та аналіз узагальнень задачі маршрутизації транспорту;
- ❖ провести аналіз методів метаевристичної оптимізації.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

На сьогоднішній день існує безліч різновидів Vehicle Routing Problem - VRP і варіантів постановки, що відрізняються, головним чином, різними обмеженнями, що накладаються на рішення. Проте вони засновані на моделях, які не дозволяють повною мірою врахувати безліч факторів, що визначають якість і вартість отримуваних маршрутів. Нова тенденція досліджень у цій галузі в основному зосереджена на багатофакторних реальних життєвих ситуаціях, у зв'язку з чим виникають складніші і узагальнені варіанти VRP.

В даний час найбільш цікавими для досліджень вважаються комплексні Rich VRP, що комбінують різні реальні умови та обмеження. Останнім часом, як інструмент оптимізації у різних сферах, таких як наука, комерція та інженерія, активно використовуються метаевристики. Їхньою відмінністю є детальне вивчення простору пошуку, що визначає безліч допустимих рішень – об'єктів комбінаторної оптимізації. Одними з найбільш перспективних вважаються метаевристики роевого інтелекту, які інспіровані природними системами та описують колективну поведінку децентралізованих систем, що самоорганізуються. Тому формалізація завдань VRP та розробка перспективних методів для їх вирішення є актуальним напрямом досліджень у галузі комбінаторної оптимізації.

ОПИС КЛАСИЧНОЇ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ



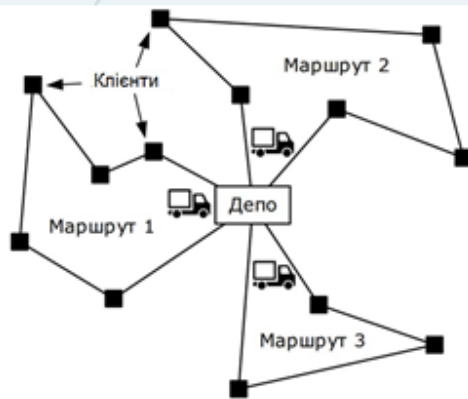
Класична VRP – задача комбінаторної оптимізації, в якій для парку однотипних транспортних засобів (ТЗ) потрібно визначити оптимальний набір замкнутих маршрутів від єдиного депо до безлічі віддалених клієнтів.

На практиці критерій оптимальності може виражатись будь-якими витратами на об'їзд клієнтів, але найчастіше відповідає довжині маршрутів.

ОПИС КЛАСИЧНОЇ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

5

В центрі малюнка розташоване депо, в якому спочатку знаходиться парк з кількох однотипних ТЗ, а на певному віддаленні від нього розташовані клієнти, яких потрібно відвідати. Відстань між усіма пунктами вважається відомою. Оптимальне рішення являє собою набір найкоротших маршрутів для ТЗ через всіх клієнтів з поверненням у депо.



Класична VRP може бути представлена на графі:

$$G = (V, E)$$

з безліччю вершин:

$$V = \{0, \dots, n\}$$

і безліччю ребер: E

ОГЛЯД І АНАЛІЗ УЗАГАЛЬНЕНЬ І РОЗШИРЕНЬ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

6

Asymmetric VRP – асиметрична задача маршрутизації транспорту. У загальному випадку, асиметричне завдання відрізняється від симетричного тим, що воно моделюється орієнтованим графом. Відповідно, матриця цін є асиметричною.

Capacitated VRP – задача маршрутизації транспорту з обмеженням по вантажопідйомності. Схожа на класичну, з тим лише обмеженням, що обсяг вантажів на кожному маршруті не повинен перевищувати задану величину Q , однакову для всіх ТЗ.

Distance-Constrained VRP – задача маршрутизації транспорту з обмеженням на відстані. Довжина маршруту не може перевищувати заданого значення. Такий варіант постановки зручно використовувати, коли ТЗ може заправлятися лише в депо; необхідно врахувати обмежений обсяг паливного бака.

VRP with Time Windows – задача маршрутизації транспорту з часовими вікнами. Використовується при обмеженому часовому діапазоні приймання чи вивезення продукції.

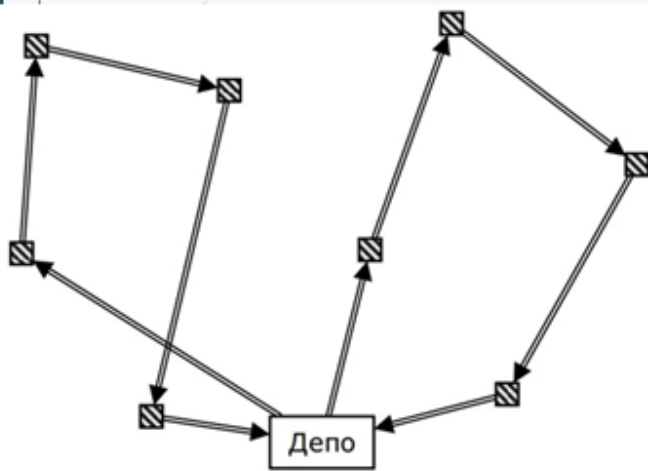
Multi-Depot VRP – задача маршрутизації транспорту з декількома депо. У класичній моделі VRP передбачається наявність єдиного депо, в якому мають починатися та закінчуватися маршрути всіх транспортних засобів.

Periodic VRP (PVRP) – періодична задача маршрутизації транспорту. На відміну від класичної VRP у завданні із періодичною маршрутизацією використовується розширений період планування до кількох днів.

VRP with Pickup and Delivery (VRPPD) – завдання маршрутизації транспорту з вивезенням та доставкою. Узагальнення завдання з обмеженням вантажопідйомності, в якому клієнти можуть як отримувати, так і надсилати товари. При цьому, як правило, мається на увазі, що товари не перевозяться від одного клієнта до іншого, а спочатку відправляються з депо, або зрештою надходять у депо.

ОГЛЯД І АНАЛІЗ УЗАГАЛЬНЕНЬ І РОЗШИРЕНЬ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

Одні й ті ж клієнти одночасно виступають як
споживачі та постачальники



На практиці це потрібно, наприклад, при доставці до продуктивних магазинів, коли багаторазові піддони або контейнери використовуються для транспортування товарів.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МЕТАЕВРИСТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

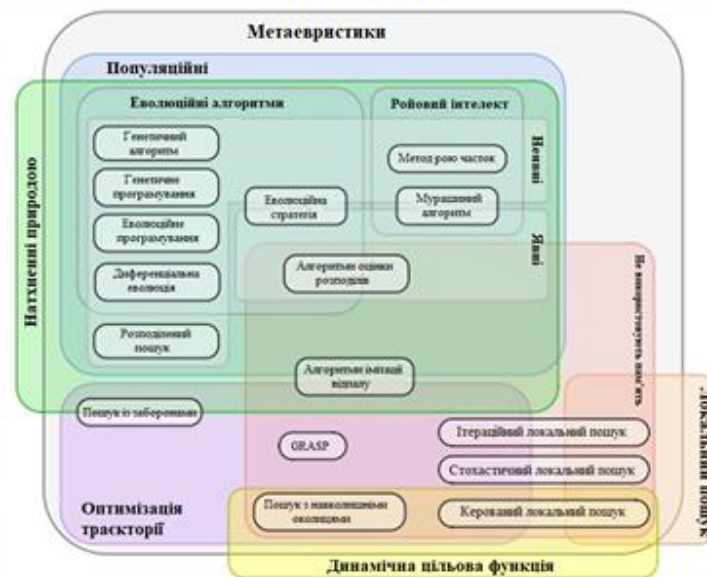
Метаевристика – це такий метод вирішення обчислювальних задач шляхом комбінування існуючих процедур з відкритим інтерфейсом та закритою реалізацією, що призводить до максимально ефективного рішення. Метаевристичний підхід зазвичай застосовується для вирішення задач, що не мають задовільного специфічного для завдання алгоритму, або в тому випадку, коли немає практичної необхідності реалізовувати такий алгоритм. Найчастіше метаевристики використовуються у вирішенні задач комбінаторної оптимізації, але також вони можуть застосовуватися до будь-яких інших, які можна звести до розв'язання логічних рівнянь. На відміну від традиційних алгоритмів оптимізації та ітераційних методів, метаевристики не гарантують, що у глобальному масштабі оптимальне рішення може бути знайдено для деякого класу завдань через стохастичність. Однак при пошуку за великими наборами допустимих рішень метаевристики часто дозволяють знайти хороше рішення з меншими обчислювальними та тимчасовими витратами.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МЕТАЕВРИСТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Приклади метаевристичних алгоритмів, які вже успішно застосовувалися для вирішення Vehicle Routing Problem - VRP :

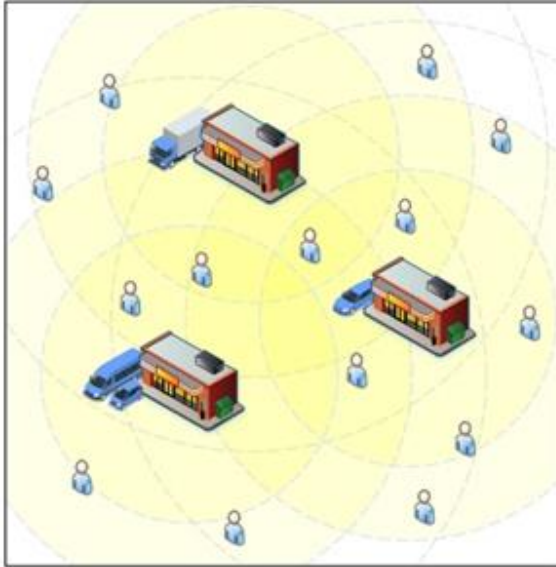
- пошук із винятками;
- модельований відпал;
- генетичний алгоритм;
- мурашиний алгоритм;
- нейронні мережі.

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЕВРИСТИК НА ДІАГРАМІ ЕЙЛЕРА



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА МУЛЬТИКОЛОНИАЛЬНОЙ МУРАВЬИНОЙ СИСТЕМЫ

11



Розглянемо асиметричну задачу маршрутизації транспорту з множинним депо та різномірним парком

Аналітично це завдання можна записати наступним чином.

Надано повний орієнтований граф:

$$G = (V, A)$$

параметр V визначається за формулою:

$$V = V_C \cup V_D$$

параметр A визначається за формулою:

$$A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$$

Початкове розташування парку транспорту визначено сюр'єктивним відображенням:

$$\varphi : K \rightarrow V_D$$

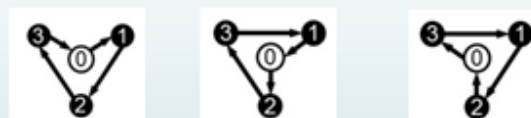
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МУЛЬТИКОЛОНИАЛЬНОЇ МУРАШИНОЇ СИСТЕМИ

12

Характерними прикладами областей, на які орієнтована описана задача, є:

- товарна дистрибуція;
- розвезення своєї продукції;
- кур'єри та поштові служби;
- доставка швидкого харчування;
- сервісні інженери.

Як приклад показані можливі варіанти маршрутів на чотирьох вершинах для парку з 3-х транспортних засобів, розташованих у загальному депо:



Приклад рішення поставленої VRP

Метод мультиколоніальної мурашиної системи (Ant Multi-Colony Optimization, AMCO) пропонується для вирішення узагальнених варіантів задач комбінаторної оптимізації, в яких подібно до поставленої VRP масштабовано число рішень деякого відомого окремого випадку, для якого відоме застосування традиційного мурашиного алгоритму.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МУЛЬТИКОЛОНІАЛЬНОЇ МУРАШИНОЇ СИСТЕМИ

13

Як відомо, в залежності від типу задачі на кожній ітерації мурашиного алгоритму відбувається формування рішення мурахою у вигляді послідовності виборів станів, дій, пунктів призначень тощо, що позначаються далі вершинами графа для загального виду. У мультиколоніальній мурашиній системі частини рішення будуються одночасно декількома мурахами. Насамперед формуються групи мурах, які включають по одному представнику від кожної колонії. По суті, кожна така міжколоніальна група є заміною окремої мурахи традиційного варіанту алгоритму. Мурахи групи в результаті «жеребкування» крок за кроком формують рішення, включаючи вершини на кожному кроці в порядку, що визначається ймовірно на основі об'єднаної множини альтернатив. Мураха в групі k , яка належить колонії x , включить у свою частину рішення вершину i на ітерації t з нормалізованою ймовірністю:

$$p_{x,j}^k(t) = \frac{[\tau_{x,j}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{x,j}^k]^\beta}{\sum_{y \in Y} \sum_{j \in J^k} [\tau_{x,j}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{x,j}^k]^\beta}$$

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ МУЛЬТИКОЛОНІАЛЬНОЇ МУРАШИНОЇ СИСТЕМИ

14

Щоб унеможливити багаторазове повторення розрахунку суми добутків у знаменнику формули, при програмній реалізації доцільно здійснювати нормалізацію в останню чергу. Для цього пропонується використати спочатку формулу розрахунку ненормалізованих ймовірностей:

$$p_{x,j}^k(t) = [\tau_{x,j}^k(t)]^\alpha \cdot [\eta_{x,j}^k]^\beta$$

потім одноразово обчислити суму отриманих значень ненормалізованих ймовірностей усієї групи k :

$$P^k(t) = \frac{p_{x,j}^k(t)}{\sum_{y \in Y} \sum_{j \in J^k} p_{x,j}^k(t)}$$

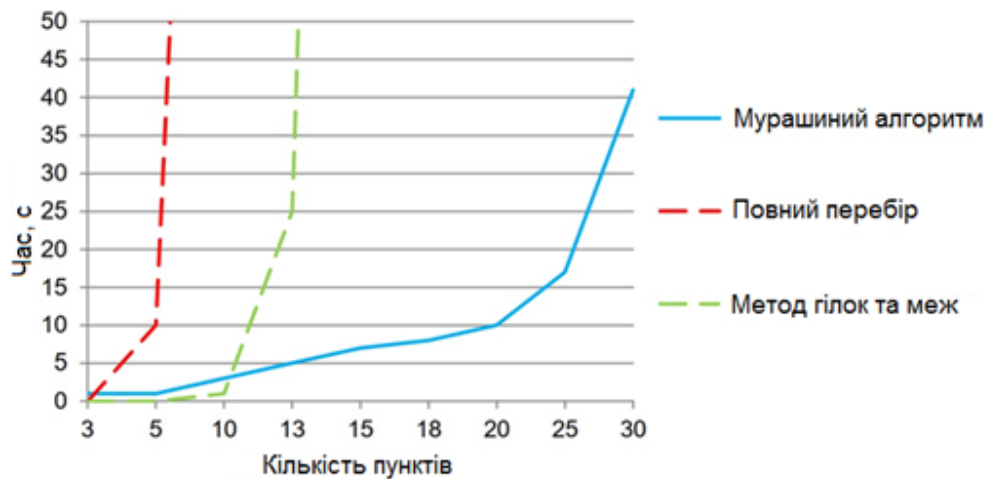
після чого виконати нормалізацію для кожного значення за формулою:

$$p_{x,j}^k(t) = \frac{p_{x,j}^k(t)}{P^k(t)}$$

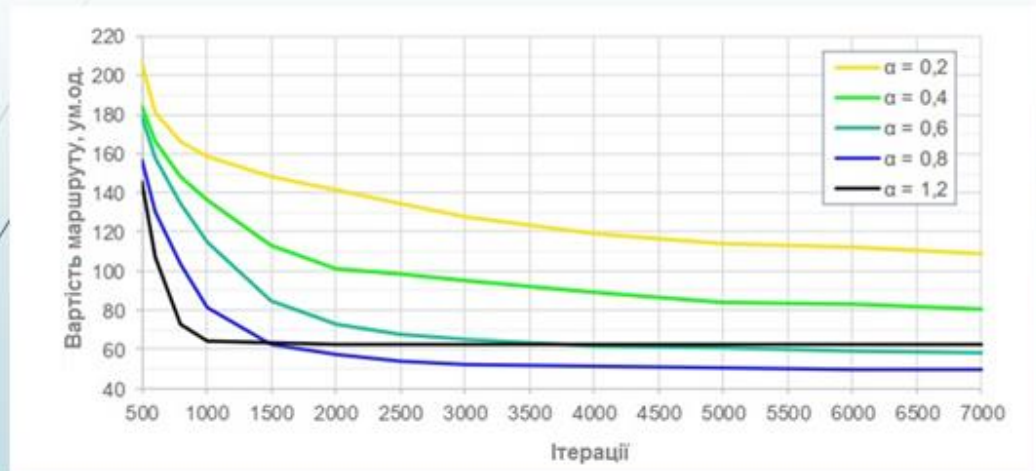
СТРУКТУРНА СХЕМА МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ



ГРАФІК ЗМІНИ ЧАСУ РОЗРАХУНКІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕННЯМ КІЛЬКОСТІ ВЕРШИН



ГРАФІКИ ЗМІНИ ДОВЖІ ШЛЯХУ ПРИ РІЗНИХ ЗНАЧЕННЯХ ПАРАМЕТРУ



АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

www.konferenciaonline.org.ua

**Міжнародна наукова
інтернет-конференція**

**Інформаційне суспільство:
технологічні, економічні
та технічні аспекти становлення**

(Випуск 62)

ISSN 2522-932X

12 жовтня 2021 р.

Чернівці
2021

0100

*Клико О.І., магістр, кафедра електронних обчислювальних машин,
Львівський національний університет радіоелектроніки, м. Львів*

МУРАВИНИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

В даний час іде стрімка зміна інформаційних технологій (ІТ). Зміни, що виникають, зачіпають мережеві технології, класичні – обчислювальні і комунікаційні простори, а також обробку даних. В результаті, інформаційні технології застосовуються у всьобільній кількості сфер життя і господарського життя людини. Однією з актуальних областей наукових досліджень є сфера життєвого оточення, яка в області Smart Home розвивається в даний час в область Smart city, Smart transport system и т.д. Таким чином, у органі всього управління виникають нові завдання, які повинні не тільки вирішити цілий комплекс проблем, що виникають, а й провести кардинальну трансформацію міст. Комплекс проблем у всіх містах наступний:

- транспортні проблеми;
- екологічні проблеми;
- соціальні проблеми, пов'язані з ростом злочинності і соціальної напруженості;
- обмеження природних ресурсів;
- збереження культурної та історичної спадщини.

Важливим моментом є детальний аналіз, розуміння даної проблеми, а також можливість розгляду різних варіантів рішення. Всі перераховані проблеми, як результат активної урбанізації, є основними протерами і стимуляторами процесами розвитку міст і їх трансформації в Smart city. Рішення цих проблем може бути застосованою новою моделлю розвитку міст – реалізація концепції Smart city, яка в своїй основі застосовує інформаційні технології для вирішення всіх сфер життєдіяльності населення. Було виявлено, що на поточному етапі не існує універсальної моделі Smart city з точного її визначення. Модель є сучасною стратегією об'єднання різноманітних факторів міського розвитку, спрямована на модернізацію інфраструктури з пріоритетною метою покращення централізованого управління, новим рівнем послуг і безпеки.

Однією з основних проблем в контексті всього міста, було виявлено цілий

ВИСНОВКИ

ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ були досліджені методи вирішення багатокритеріальних завдань Vehicle Routing Problem на основі технології – мурашиного алгоритму.

В МАГІСТЕРСЬКІЙ КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ ВИРІШЕНІ ТАКІ ЗАДАЧІ:

- ❖ проведено огляд та аналіз узагальнень задач маршрутизації транспорту;
- ❖ проведено аналіз методів метаевристичної оптимізації.