

АНАЛІЗ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТОВАРІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Визначається актуальність та здійснюється класифікація і таксономія типів задачі маршрутизації отримання і доставки товарів.

Ключові слова: маршрутизація транспортних засобів, перевезення товарів, задача комівояжера часове вікно.

Abstract

The relevance is determined and the classification and taxonomy of the types of the routing problem for the pick up and delivery of goods is carried out.

Keywords: vehicles routing, goods transportation, traveling salesman problem, time window.

Вступ

Проблема маршрутизації транспортних засобів, Vehicle Routing Problem (VRP), і різних її варіантів, останніми роками викликає все більшу зацікавленість. На даний час існують ефективні інструменти підтримки прийняття рішень для використання в логістичному плануванні, що користуються великим попитом, оскільки значно знижують витрати і підвищують ефективність споживання ресурсів, допомагають зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

У Білій книзі Європейської комісії [1] відмічається, що сучасна транспортна система має бути стійкою з економічної, соціальної та екологічної точки зору. Плани на майбутнє транспортного сектора мають враховувати його економічне значення. Загальні витрати складають близько 1000 млрд євро, що становить понад 10% валового внутрішнього продукту Європейського Союзу. У секторі працюють більше 10 мільйонів чоловік. Він включає в себе інфраструктуру і технології, вартість яких для суспільства настільки велика, що не дозволяє робити помилки в цій галузі.

Автоматизація планування і складання розкладу маршруту може привести до величезної економії на транспорті, що зазвичай складає від 5% до 20% [2], які повинні сприяти розвитку економічної системи. Цей величезний потенціал разом з розвитком технологій і обчислювальних можливостей, надихають дослідників експериментувати з різними алгоритмами і звертатися до різних програм, щоб задовольнити зростання попиту на ефективні засоби підтримки маршрутизації транспортних засобів. Для цього використовують метаевристичні алгоритми [3,4], такі як: метод імітації відпалу [5], метод пошуку з заборонами, метод детермінованого відпалу, еволюційні і генетичні алгоритми [6-9], алгоритм рою часток [10-11], мурашковий алгоритм [12-14], нечіткі [15-16] та гібридні [17-19] евристичні алгоритми [20].

Класифікація типів задач маршрутизації транспортних засобів

VRP зазвичай пов'язані з проблемами транспортування товарів між складами і клієнтами, і полягають в розробці оптимального графіку для одного або більше автомобілів, з метою обслуговування клієнтів з мінімізацією можливих експлуатаційних витрат і максимізацією задоволення потреб клієнтів. Наприклад, план маршрутизації і розклад можуть намагатися мінімізувати кількість використовуваних транспортних засобів, загальну пройдену відстань або використовувану робочу силу. У той же час він може спробувати максимізувати кількість замовлень та їх обсяг на одиницю відстані. Більш того, для практичного застосування задач, до їх базової моделі зазвичай додається цілий ряд вимог. Це можуть бути вимоги до місткості транспортного засобу, певного порядку відвідування пунктів призначення, дотримання переважного часу обслуговування клієнтів, максимальний час роботи водіїв тощо. Інші практичні міркування включають типи послуг для клієнтів (доставка і/або забір), кількість складів (один/два/кілька), види використовуваних автомобілів (однорідні/неоднорідні), наявність водіїв, надходження інформації про запити маршрутизації заздалегідь або в режимі реального часу.

Як узагальнення відомої задачі комівояжера, Traveling Salesman Problem (TSP), VRP є NP- важкою задачею [21,22]. Цей факт, разом з наведеними обмеженнями і практичними міркуваннями,

ускладнює вирішення різних варіантів проблем маршрутизації транспортних засобів, і є причиною розробки нових моделей і алгоритмів, які вирішують цю проблему. Загальна класифікація базових задач маршрутизації та планування і їх взаємозв'язок наведено на рис.1.



Рисунок 1 – Типи задач маршрутизації транспортних засобів

На рисунку виділені дві основні категорії проблем, засновані на спостереженні, що задачі маршрутизації і планування зазвичай подаються у вигляді графів, в яких точки вивезення і/або доставки представляються вузлами, з'єднаними дугами. Перша категорія - називається проблемами маршрутизації вузлів, які пов'язані з локаціями. Друга категорія називається проблемами трасування дуг, в яких потреба в послугах пов'язана з дугою, що з'єднує два вузли. До проблем з трасуванням дуги включають, наприклад, вивезення сміття або посипання піском доріг в зимовий час, і їх часто називають завданнями китайського листоноші, Chinese Postman Problem (CPP) [66]. Але CPP виходить за рамки нашого дослідження і не будуть розглядатися в подальшому.

Як показано на рис.1, найпростішим типом задач маршрутизації вузлів є TSP, де один транспортний засіб має об'їхати всі вузли без обмеження місткості автомобіля. TSP потребує, щоб поїздка починалася і закінчувалася в одному і тому ж самому вузлі без зазначення конкретної точки складу. Варіант TSP з кількома транспортними засобами називається задачею комівояжера з кількома транспортними засобами Multiple Vehicle Traveling Salesman Problem (MTSP). Якщо до проблеми додаються вимоги розташування, обмеженнями місткості автомобіля, і визначена точки складу, її зазвичай відносять до задачі місткості маршрутизації Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Запит двох різних типів послуг (вивезення та доставка) відносить задачу до категорії Pickup and Delivery (PDP). Крім того, на будь-який з наведених варіантів може бути накладене часове вікно обслуговування Time Window (TW), що забезпечить більш реалістичну постановку задачі з заздалегідь визначеними обмеженнями на час відвідування кожного вузла. Детальнішу інформацію про основні варіанти VRP та точні, і евристичні методи, що застосовуються для її вирішення, можна знайти в [22].

Таксономія різноманітних типів VRP

Наведемо таксономію, характеристик різноманітних VRP, що дозволяє виявити потенційні області, в яких необхідно проводити додаткові дослідження.

1. Тип дослідження
 - 1.1. Теорія
 - 1.2. Застосовані методи
 - 1.2.1. Точні
 - 1.2.2. Евристичні
 - 1.2.3. Моделювання

- 1.2.4. Рішення в реальному часі
- 1.3. Задokumentоване впровадження
- 1.4. Огляд, або цільове дослідження
- 2. Характеристика сценарію
 - 2.1. Кількість зупинок на маршруті
 - 2.1.1. Відома (детермінована)
 - 2.1.2. Часткова відома, частково імовірна
 - 2.2. Обмеження розділення вантажу
 - 2.2.1. Розділення дозволено
 - 2.2.2. Розділення не дозволено
 - 2.3. Обсяг заявки на обслуговування клієнтів
 - 2.3.1. Детермінований
 - 2.3.2. Стохастичний
 - 2.3.3. Невідомий
 - 2.4. Терміни звернення нових клієнтів
 - 2.4.1. Детерміновані
 - 2.4.2. Стохастичні
 - 2.4.3. Невідомі
 - 2.5. Обслуговування на місці/час очікування
 - 2.5.1. Детерміновані
 - 2.5.2. Залежні від часу
 - 2.5.3. Залежні від типу транспорту
 - 2.5.4. Стохастичні
 - 2.5.5. Невідомі
 - 2.6. Структура часового вікна
 - 2.6.1. М'яке часове вікно
 - 2.6.2. Жорстке часове вікно
 - 2.6.3. Поєднання того та іншого
 - 2.7. Часовий горизонт
 - 2.7.1. Одноперіодний
 - 2.7.2. Багатоперіодний
 - 2.8. Транспортні перевезення
 - 2.8.1. Одночасний запит вивезення і доставки
 - 2.8.2. Запит лише лінійного або зворотного транспортування але не обидвох
 - 2.9. Обмеження вузла/дуги
 - 2.9.1. Пріоритетні та зв'язані обмеження
 - 2.9.2. Покриття підмножини обмежень
 - 2.9.3. Наявність ресурсів
- 3. Фізичні характеристики проблеми
 - 3.1. Структура транспортної мережі
 - 3.1.1. Спрямована мережа
 - 3.1.2. Не спрямована мережа
 - 3.2. Розташування адресанта (замовники)
 - 3.2.1. Замовники у вузлах
 - 3.2.2. Об'єкти маршрутизації дуг
 - 3.3. Географічне розташування клієнтів
 - 3.3.1. Міське (типове розташування)
 - 3.3.2. Сільське (розкидане випадковим чином)
 - 3.3.3. Змішане
 - 3.4. Кількість пунктів відправлення
 - 3.4.1. Одиночний пункт
 - 3.4.2. Множина пунктів
 - 3.5. Кількість точок завантаження /розвантаження (складів)
 - 3.5.1. Один склад
 - 3.5.2. Багато складів
 - 3.6. Тич часового вікна
 - 3.6.1. Обмеження на клієнтів
 - 3.6.2. Обмеження на дороги
 - 3.6.3. Обмеження на склади/хаби

- 3.6.4. Обмеження на водіїв/транспорт
- 3.7. Кількість транспортних засобів
 - 3.7.1. Рівно n автомобілів (сегмент TSP)
 - 3.7.2. До n автомобілів
 - 3.7.3. Необмежена кількість автомобілів
- 3.8. Місткість
 - 3.8.1. Місткісні автомобілі
 - 3.8.2. Немісткісні авто
- 3.9. Однорідність транспортних засобів (місткість)
 - 3.9.1. Схожі автомобілі
 - 3.9.2. Спеціалізовані вантажні автомобілі
 - 3.9.3. Різномірні транспортні засоби
 - 3.9.4. Клієнто-орієнтовані транспортні засоби
- 3.10. Час в дорозі
 - 3.10.1. Детермінований
 - 3.10.2. Функціональна залежність (функція поточного часу)
 - 3.10.3. Стохастичний
 - 3.10.4. Невідомий
- 3.11. Вартість транспортування
 - 3.11.1. Залежить від часу в дорозі
 - 3.11.2. Залежить від відстані
 - 3.11.3. залежить від машини
 - 3.11.4. Залежить від вантажу
 - 3.11.5. залежить від запізнення
 - 3.11.6. Залежить від небезпеки/ризиків
- 4. Інформаційні характеристики
 - 4.1. Еволюція інформації
 - 4.1.1. Статична
 - 4.1.2. Частково динамічна
 - 4.2. Якість інформації
 - 4.2.1. Відома (Детермінована)
 - 4.2.2. Стохастична
 - 4.2.3. Прогнозна
 - 4.2.4. Невідома (в реальному часі)
 - 4.3. Доступність інформації
 - 4.3.1. Локальна
 - 4.3.2. Глобальна
 - 4.4. Обробка інформації
 - 4.4.1. Централізована
 - 4.4.2. Децентралізована
- 5. Характеристики даних
 - 5.1. Використовувані дані
 - 5.1.1. Дані реального світу
 - 5.1.2. Синтетичні дані
 - 5.1.3. Реальні та синтетичні дані
 - 5.2. Дані не використовуються

Висновки

Здійснена таксономія класифікує дослідження з вдосконалення VRP на п'ять основних категорій:

1. Тип дослідження - визначення характеру дослідження, наприклад: теоретичне або прикладне. Прикладні дослідження включають як точні, так і та евристичні методи.

2. Характеристика сценарію - вказує на характеристики проблеми і операційний сценарій процесу маршрутизації транспортних засобів. Наприклад, статичні задачі, всі запити в яких визначаються до початку процесу рішення, відрізняються від динамічних задач, в яких запити можуть надходити в процесі рішення задачі (в реальному часі). Динамічні проблеми мають враховувати деякі ймовірні зміни в поточному плані маршрутизації. Виявляються й інші характеристики проблеми, такі як тип послуги (вивезення/доставка), а також пріоритетні та спряжені вимоги (пріоритет означає, що вивезення має передувати доставці, в той час як спряження вимагає, щоб і вивезення і доставка

товару обслуговувалися одним і тим же транспортним засобом).

3. Фізичні характеристики проблеми - враховують фактори, які безпосередньо впливають на рішення, такі як кількість складів, кількість транспортних засобів, обмеження місткості і часових вікон. Ця категорія також відрізняє проблеми маршрутизації вузлів від проблеми маршрутизації дуг.

4. Інформаційні характеристики - визначають характер і доступність інформації, що представляється за допомогою базової методології рішення, і в основному спрямовані на вивчення задач нечіткої та динамічної маршрутизації. наприклад, дії в невизначеності, коли виявляється певна інформація (наприклад, затримки/поломка транспортного засобу) під час надзвичайної ситуації можуть підпадати під цю категорію [23,24].

5. Характеристики даних: визначає тип даних, що використовуються для оцінки методу рішення, наприклад, реальні або синтезовані дані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. European transport policy for 2010: Time to decide. European Commission White Paper ISBN 92-894-0341-1, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2001. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/transport/white_paper/documents/index_en.htm.
2. Delivering a sustainable transport system: The logistics perspective. Technical report, Freight and Logistics Division, Department for Transport, U.K. – December, 2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dft.gov.uk/pgr/freight/dastslogistics/>
3. Бузовський П. О., В. І. Месюра. Аналіз метаевристичних підходів до розв'язання задачі складання навчальних розкладів // XLIX Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2021) / Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9816/8804>
4. Ліщинський В. О., Месюра В. І. Обґрунтування вибору метаевристики для визначення оптимального маршруту // XLIX Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2021) / Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9892/8241>
5. Гранік М.О. Використання методу імітації відпалу для розв'язання задачі про розфарбування графу / М.О.Гранік, В.І.Месюра // Інформаційні процеси і технології «Інформатика - 2013»: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, Севастополь, 22 – 26 квіт. 2013 р. / М-во освіти і науки України, Севастоп., нац. техн. ун-т; наук. ред. С.В.Доценко – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С. 77-78. – ISBN 978-966-335-393-7.
6. Тасьмук Д.І., Месюра В.І. Оптимізація міського трафіку за допомогою генетичного алгоритму // «Інтернет-Освіта-Наука-2018», Одинадцята міжнародна науково-практична конференція ІОН-2018, 22-25 травня, 2018: Збірник праць. –Вінниця: ВНТУ, 2018 –ст. 24-25 с. –ISBN978-966-641-728-5
7. Тасьмук, Д.І., Месюра, В.І. Генетичний алгоритм для керування рухом на перехресті // Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції, 19–21 квітня 2018 р. / За заг. ред. О. Ф. Тарасова. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – С. 121-122. ISBN 978-966-379-869-1.
8. Тасьмук Д., Месюра В. Визначення параметрів алгоритму оптимізації керування рухом на перехресті / Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018). XIV Міжнародна конференція. Тези доповідей. Вінниця, 15-17 жовтня 2018 року. – Вінниця: ВНТУ. – 2018. – с.138
9. Сидоренко С. О., Месюра, В. І. Інтелектуальний модуль для налаштування параметрів генетичного алгоритму // Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2019)». –Вінниця, 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-mn/index/pages/view/zbirn2019> , Дата звернення: Берез. 2020.
10. Бендерук Ю. А., Динамічна зміна коефіцієнтів соціалізації та персоналізації методу рою часток під час розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження / Ю.А. Бендерук, М. О. Гранік, В. І. Месюра. - Вісник Вінницького політехнічного інституту -. – 2013. – №3. – С. 96-98.
11. Бендерук Ю.А. Підбір константних параметрів методу рою часток за методом імітації відпалу під час розв'язання задачі розподілу виробничого навантаження / Ю. А. Бендерук В. І. Месюра //Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2013. – №3. – [Електронне наукове фахове видання] – Режим доступу до журн.:<http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi->

in/irbis_nbuvcgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/VNTUV_2013_2_8.pdf

12. Сімоненко, Д. В., Месюра, В. І., «Мультиагентна система маршрутизації на основі мурашкового алгоритму» в Матеріали конференції «XLVI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2017)», Вінниця, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/index/pages/view/zbirn2017> Дата звернення: Черв. 2017

13. Корчиста О.В. Інтелектуальний модуль планування шляху мобільного робота / О.В. Корчиста, В. І. Месюра // XLVI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2017) / Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця, 2017. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2017/paper/view/2026/1890>.

14. Корчиста О.В. Навігація мобільного робота у динамічному середовищі / О.В. Корчиста, В. І. Месюра // Вінниця: ВНТУ. – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2018/paper/view/4894/4277>.

15. Корчиста О.В., Месюра В.І. Гібридний модуль планування шляху мобільного робота у динамічному середовищі // О.В. Корчиста, - «ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2018», Одинадцята міжнародна науково-практична конференція ІОН-2018, 22-25 травня, 2018 : Збірник праць. – Вінниця : ВНТУ, 2018 – с.26-27.

16. Месюра В. І. Гібридна система з прозорою інтерпретацією результатів машинного навчання // XLVII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2018) / Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця, 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2018/paper/view/5458/5390>

17. Малиновський В. В., Месюра В. І. Застосування меметичного алгоритму для розв'язання багатоекстремальних задач // XLVII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ - 2018) / Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця, 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2018/paper/view/5460>

18. Корчиста О.В., Месюра В.І. Мурашковий алгоритм на базі нечіткої логіки // Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції, 19–21 квітня 2018 р. / За заг. ред. О. Ф. Тарасова. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – С. 104-105.

19. Корчиста О., Месюра В. Розробка нечіткої бази знань гібридного модулю планування шляху / Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018). XIV Міжнародна конференція. Тези доповідей. Вінниця, 15-17 жовтня 2018 року. – Вінниця: ВНТУ. – 2018. – с.138.

20. Месюра В. І. Основи проектування систем штучного інтелекту. Навчальний посібник / В. І. Месюра, Л. М. Ваховська. – В.: ВДТУ, 2000. – 96 с.

21. Garey M. R., Johnson D. S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness / W. H. Freeman & Co., New York, NY, USA, 1979.

22. Toth P., D. Vigo. The vehicle routing problem. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, USA, 2001.

23. Mesyura V. I. Improvement of fuzzy values ranking indexes for automation of man-caused swift-flowing emergencies liquidation / V. I. Mesyura, O. A. Sharygin // Nauka i studia. –2013. –No 17 (85) –P. 11 –16.9.

24. Месюра В. І. Модель прийняття рішень для задач ліквідації швидкоплинних надзвичайних ситуацій / В. І. Месюра, О. А. Шаригін // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції (10 –13 травня 2011 р., Черкаси). –2011. –С. 454.

Донець Віталій Володимирович— студент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vitaliy.osvita98@gmail.com

Месюра Володимир Іванович – канд. техн. наук, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mesyura@vntu.edu.ua.

Donets Vitalii V. — student of the Computer Science Department, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, e-mail: vitaliy.osvita98@gmail.com

Mesyura Volodymyr I. – Cand. Sc. (Eng.), Professor of Computer Science Department, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, e-mail: mesyura@vntu.edu.ua.