

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЛАНУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ У ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто проблему оптимального розміщення вантажів у транспортних засобах, обґрунтовано вибір генетичного алгоритму та здійснено постановку задачі планування оптимального розміщення вантажів.

Ключові слова: задача про розміщення, генетичний алгоритм, генетичні оператори.

Abstract

The problem of optimal placement of loads in vehicles is considered, the choice of a genetic algorithm is substantiated, and the problem of planning the optimal placement of loads is formulated.

Key words: placement problem, genetic algorithm, genetic operators.

Вступ

Задача оптимального розміщення вантажу виникає у транспортній логістиці, при зберіганні або перевезенні вантажів. Оптимальне розміщення вантажу впливає на прибутковість компанії, оскільки правильно сформоване розміщення вантажу зберігає місце. Це надає можливість якнайбільше заповнити вантажем автотранспорт, що приносить добуток.

Особливо актуальною задача є, наприклад, для служб доставки замовлень, де практично кожен вантаж має власні розміри і власну цінність, оскільки відомі методи краще пристосовані для планування розміщення великої кількості вантажу рівного розміру, наприклад, контейнерів.

Метою даної роботи є створення нескладного, недорогого програмного засобу, який би дав змогу користувачеві швидко отримати задовільний результат щодо оптимального розміщення вантажу для транспортних засобів, проаналізувати різні варіанти розміщення, змінюючи вхідні дані з метою отримання задовільного рішення. За аналогією з так званим „інженерним” калькулятором, таку програму можна було б назвати „економічним” калькулятором.

Для цього необхідно вирішити такі основні задачі: здійснити аналіз існуючих технологій і методів вирішення транспортної задачі; сформулювати постановку задачі розміщення вантажу всередині транспортного засобу; розробити математичну модель розміщення вантажу за умов певних обмежень; розробити адаптований до транспортної задачі алгоритм; експериментально перевірити ефективність роботи алгоритму.

Об'єктом дослідження є процес оптимізації розміщення вантажу в транспортному засобі.

Предметом дослідження є алгоритми штучного інтелекту придатні для оптимізації розміщення вантажів у транспортному засобі.

Постановка задачі планування оптимального розміщення вантажів

Вихідними даними для вирішення задачі розміщення вантажу на автотранспорті є:

a і b - є габарити автотранспорту;

$\{(a_1, b_1), \dots, (a_i, b_i), \dots, (a_n, b_n)\}$ - множина об'єктів вантажу, що характеризуються своїми габаритними розмірами (апроксимуються прямокутниками);

(A_i, B_i) - габаритні ширина і довжина i -го автотранспорту;

C - матриця зв'язності об'єктів вантажу [17].

Необхідно знайти такий варіант розміщення об'єктів вантажу на автотранспорті

$$Z = \{(x_1, y_1), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)\},$$

де (x_i, y_i) - координати центру ваги об'єкта вантажу, щоб площа перекриття площ розміщених об'єктів вантажу дорівнювала нулю, а сумарна площа вільного місця була мінімальною.

Завдання розміщення ставиться як задача оптимізації функції, що виражає нормовану оцінку суми штрафу за перекриття площ в автотранспорті і загальної площі вільного місця [17]:

$$F = k_i \times O(\sum L(z_j)) + k_p \times P(\sum S(z_j)),$$

де z_j - варіант розміщення;

$L(z_j)$ - сумарна площа вільного місця j -го варіанту розміщення;

$S(z_j)$ - загальна площа перекриття розміщуваних об'єктів;

$O(\sum L(z_j))$ - оцінка загальної площі вільного місця, приведена до інтервалу [0,1];

$P(\sum S(z_j))$ - функція штрафу за перекриття площ, що набуває значення з інтервалу [0,1];

k_i і k_p - вагові коефіцієнти при оцінці загальної площі вільного місця і функції штрафу за перекриття площ відповідно, $k_i + k_p = 1$;

Сумарна площа вільного місця розраховується [17]:

$$\sum L(z_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n d_{ik} \times c_{ik},$$

де c_{ik} - кількість зв'язків між i -м і k -м автотранспортом (елемент матриці C);

d_{ik} - відстань між позиціями установки автотранспорту, яке визначається [17]:

$$d_{ik} = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}.$$

Нормування сумарної вільної площі здійснюється обчислюючи відношення $\sum L(z_j)$ до L_{max} [17]:

$$O(\sum L(z_j)) = \sum L(z_j) / L_{max},$$

де $L_{max} = \sqrt{a^2 + b^2} \times \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n c_{ik}$.

Загальна площа перекриття обчислюється за формулою [17]:

$$\sum S(z_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n S_{ik}$$

Розробка математичної моделі розміщення вантажу

Задача оптимізації розміщення об'єктів вантажу спеціального виду на площині автотранспорту засновується на мінімізації значення критерію якості. На розміщення накладаються умови, за якими об'єкти взаємно не перетинаються та обмежується їх пересування в межах заданої області. Об'єкти, що розміщуються, можна поділити на взаємно-орієнтовані прямокутники, сторони яких паралельні координатним осям. Область розміщення описуватиметься системою нерівностей, що містить диференційовані функції. Крім цього, в області розміщення існують зони заборони у вигляді композиції орієнтованих прямокутників [14].

Задано m об'єктів F_i , $i = \overline{1, m}$, що необхідно розмістити в опуклій області O та s зон заборони у вигляді об'єктів F_j , $j = \overline{m+1, m+s}$, положення яких фіксовано. На рис. 1 наведено приклад припустимого розміщення об'єктів $F1...F3$ на області O у вигляді еліпсу обмеженого координатними осями та зонами заборони $F4...F7$.

Усі об'єкти F_i , $i = \overline{1, m} = s$ орієнтовані так, що їх сторони паралельні координатним осям. Кожен з об'єктів F_i , $i = \overline{1, m} = s$ можна поділити на прямокутники $D_{i1}, D_{i2} \dots D_{im}$.

Положення об'єкта F_i , $i = \overline{1, m} = s$ в області O визначається координатами $Z^i(z_1^i, z_2^i)$ геометричного центру його складової D_{i1} . Кожна складова D_{ij} характеризується параметрами [14]:

$$\{L^{ij}(l_1^{ij}, l_2^{ij}), Z^{ij}(z_1^{ij}, z_2^{ij}), C^{ij}(c_1^{ij}, c_2^{ij})\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, m_i}$$

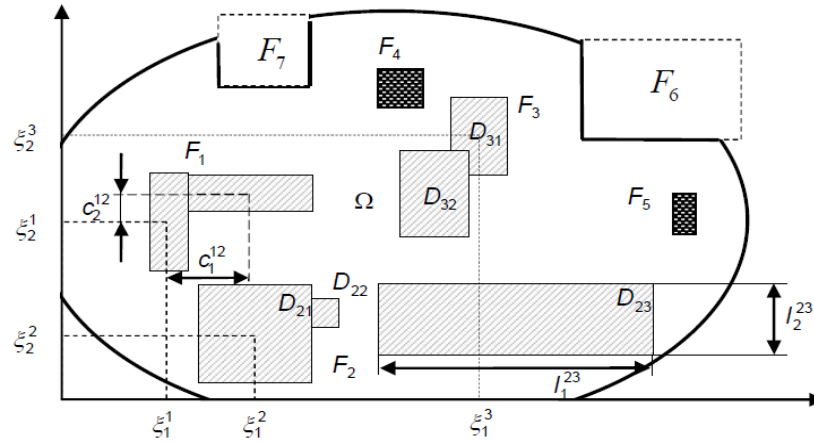


Рисунок 1 – Приклад припустимого розміщення об'єктів складної форми на області із зонами заборони

де i – номер об'єкта F_i , до якого належить складова D_{ij} ;

j – порядковий номер складової в об'єкті F_i ;

m – кількість об'єктів F_i ;

m_i – кількість складових, що входять до складу об'єкта F_i ;

$L^{ij}(l_1^{ij}, l_2^{ij})$ – розміри сторін складової D_{ij} ;

$Z^{ij}(z_1^{ij}, z_2^{ij})$ – координати полюса складової D_{ij} , $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, m_i}$;

$C^{ij}(c_1^{ij}, c_2^{ij})$ – координати складових D_{ij} , $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, m_i}$, в рухомій системі координат, початок якої знаходиться в полюсі об'єкта F_i (для D_{ij} , $i=C^{ij}=(0;0)$, $i = \overline{1, m}$).

Таким чином, в умові задачі для визначення об'єктів F_i , $i = \overline{1, m + s}$, необхідно задати розміри $L^{ij}(l_1^{ij}, l_2^{ij})$ усіх складових D_{ij} , $j = \overline{1, m_i}$ та їх положення $C^{ij}(c_1^{ij}, c_2^{ij})$ у рухомій системі координат, центр якої співпадає з полюсом $Z^i(z_1^i, z_2^i)$ відповідного об'єкта F_i , а осі паралельні сторонам прямокутників. При цьому для всіх складових D_{ij} необхідно ввести певні обмеження.

Вибір методу розв'язання задачі

Задача розкрою та упаковки є NP-повною [1]. Отже, будь-який точний алгоритм, що вирішує завдання про упаковку, має здійснити повний перебір всіх можливих рішень. Внаслідок цього, навіть при невеликій кількості вантажів, програма буде працювати неприйнятно велику кількість часу. Так само проблемою є набір додаткових обмежень, які повинні бути виконані при розстановці вантажу в заданому обсязі.

Оскільки задача розміщення вантажів є NP-повною, для її розв'язання використовують, в основному, евристичні підходи [2]. При цьому найбільш часто згадуються такі евристичні алгоритми як: ітераційний та спрямований локальний пошук; пошук зі змінною околицею; імовірнісний жадібний алгоритм; еволюційний алгоритм; генетичний алгоритм [3-6]; алгоритм оптимізації мурашиної колонії [1-10]; імітація відпалу [11]; пошук із заборонами (Tabu Search, TS); використання нечіткої логіки [12-13]. У порівнянні з кількістю різноманітних евристик, кількість точних алгоритмів розв'язання тривимірної задачі упаковки в контейнер обмежена. Одна з причин цього полягає в складності подання імовірної упаковки і введення обмежень з реальних задач. Навіть якщо такий метод вирішення знайдений, залишається складність у формулюванні рішення, що частіше за все залишається надто високою через велику кількість коробок і контейнерів. Більшість з них базується на декомпозиції вихідної задачі і відома її до завдань меншої розмірності шляхом розбиття на шари і заповнення кожного шару будь-якої евристикою. Деякі алгоритми використовують двофазні процедури. На першій фазі відбувається упаковка коробок в шари, на другий - процес обміну коробок всередині шару для поліпшення локального рішення [1].

У зв'язку з цим було вирішено використати для розв'язання задачі генетичний алгоритм, особливо ефективний за умов відсутності точної математичної моделі функціонування системи.

Висновки

На основі здійсненого аналізу задачі планування оптимального розміщення вантажів у транспортних засобах, прийнято рішення щодо доцільності розробки недорогого нескладного програмного засобу – «економічного калькулятора», для надання змоги користувачам швидко отримати задовільний результат щодо оптимального розміщення вантажу для транспортних засобів, проаналізувати різні варіанти розміщення, змінюючи вхідні дані з метою отримання задовільного рішення.

Здійснено формалізовану постановку задачі та розроблено основу математичної моделі економічного калькулятора.

Проведений аналіз розв'язання задач крою та упаковок показав, що найбільш широко для цих цілей використовуються евристичні алгоритми. При цьому було вирішено генетичний алгоритм, оскільки ціла множина генетичних операторів працює саме з сортуванням та перестановками. При цьому найбільш вдалим рішенням здається створення гібридного алгоритму, заснованого на генетичному алгоритмі та алгоритмі Табу-пошуку. .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Юдаков П.В. Задача о трехмерной упаковке и методы ее решения. Обзор // Инженерный вестник. – № 06, 2015 г. – с.552-581. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://engbul.bmstu.ru/doc/781936.html>.
2. Месюра В. І. Основи проектування систем штучного інтелекту. Навчальний посібник /В. І. Месюра, Л. М. Ваховська. – В.: ВДТУ, 2000. – 96 с.
3. 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
4. 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.
5. 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
6. Сидоренко, С. О., Месюра, В. І., «Інтелектуальний модуль для налаштування параметрів генетичного алгоритму», в 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.
7. 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
8. 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>.
9. 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>.
10. 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.

11. 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.
12. 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.
13. 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.

Бузовський Павло Олексійович – студент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: pavlobuz@yqandex.ua

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

Buzovskyi Pavlo O. – student of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pavlobuz@yqandex.ua

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