

диацией //Изв. вузов. Энергетика. — № 3. — 1969. — С.124—127.

пост.14.11.2014

Інформаційна підсистема раціонального розміщення вантажів з використанням генетичного алгоритму

Л. І. КОРОТКА, Н. Ю. НАУМЕНКО

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

У статті розглянуто клас задач оптимального розташування прямокутників на заданій площині, які відносяться до класу NP-важких, а тому їх розв'язання представляє певний інтерес з позицій зменшення обчислювальних витрат та модифікації/використання методів їх розв'язання. Розглянуто деякі проблемні аспекти застосування методів для знаходження розв'язків окреслених задач. Запропоновано використовувати методи еволюційного моделювання, зокрема генетичні алгоритми. Створено інформаційну підсистему, яка дозволяє отримувати раціональне розташування вантажів з використанням генетичних алгоритмів. Наведено аналіз результатів чисельного експерименту.

В статье рассмотрен класс задач оптимального расположения прямоугольников на заданной плоскости, которые относятся к классу NP-трудных, а потому их решение представляет определенный интерес с позиций уменьшения вычислительных затрат и модификации/использования методов их решения. Рассмотрены некоторые проблемные аспекты применения методов для нахождения решения указанных задач. Предложено использовать методы эволюционного моделирования, в частности генетические алгоритмы. Создана информационная подсистема, позволяющая получать рациональную раскладку грузов с использованием генетических алгоритмов. Приведены результаты численных экспериментов.

In this paper we consider the class of optimal arrangement of rectangles on a given plane, buyout belong to the class of NP-hard, but because their decision is of particular interest from the standpoint of reducing the computational cost and modify / use of methods for solving them. Reviewed some problematic aspects of the application of methods for finding the solution of these problems. Proposed to use the methods of evolutionary modeling, particularly genetic algorithms. An information subsystem that allows you to receive a rational layout of goods on the pallet using genetic algorithms. The results of numerical experiments.

Вступ. Інформаційні системи стали необхідним інструментом практично у всіх областях діяльності. Використання комп'ютерів для зберігання та обробки даних на підприємствах в разі підвищує ефективність управління складними технічними системами. Це відбувається завдяки збільшенню швидкості обробки і проходження інформації, структурованому зберіганню даних і, звичайно, умінню всім цим користуватися.

Задачі упаковки прямокутників та розташування блоків на площині виникають у різних сферах, починаючи від найпростішого розкрою матеріалу до розміщення мікросхем обчислювальних задач на кластері. У логістиці, де здійснюється зберігання та транспортування вантажів, що упаковані у коробки та укладаються на стандартні піддони, подібні задачі є одними з типових задач.

Як відомо, вказаний клас задач дуже добре досліджено і ці задачі є NP-важкими. Тому для скорочення об'ємів обчислень продовжують розглядатися методи їх розв'язання та удосконалення/модифікування [1]. Достатня кількість методів лінійного та динамічного програмування, евристичні методи, алгоритми імітації віджигу, використання нейронних мереж та генетичних алгоритмів (ГА) дозволяє розв'язувати вказаний клас задач та скоротити час обчислень. Але велика кількість з них орієнтована на розв'язання статичних задач, коли вхідна інформація наперед відома та не змінюється у

процесі виробництва [2]. Теоретичні дослідження показують, що відомі евристичні алгоритми поліноміальної складності не здійснюють оптимальну упаковку [3, 4].

В рамках даної роботи розроблено інформаційну підсистему управління вантажоперевезеннями річкового порту (РП) та зокрема її модуль раціонального розташування вантажу. Порт є складною динамічною системою, що виконує безліч функцій. До яких відносяться пасажиро- та вантажоперевезення, зокрема, зберігання, перевантаження та транспортування експортних, імпорتنих та внутрішніх вантажів, складські операції, транспортно-експедиторське обслуговування, додаткові послуги, що надаються при здійсненні вантажорозвантажувальної діяльності, агентування судів та інші.

Однією з найважливіших та найскладніших задач в рамках даної роботи є розробка алгоритму оптимальної розкладки вантажу, як на складі так і на піддоні вантажного судна. Кожен раз, коли необхідно завантажити грузи в транспортний засіб або розмістити їх на складі, стикаються з проблемою раціонального розміщення та складання вантажу при відомих розмірах самого вантажу так і розмірів площі, на якій він зберігатиметься. Тому у статті окремо буде розглянуто вирішення проблеми раціонального розташування блоків на піддоні (або складі) – надалі задача розкладки [2].

Постановка задачі. Формально задача щільної

упаковки прямокутників на піддоні для двовимірного випадку може бути сформульована наступним чином.

Дана послідовність $\{R_i\}_{i=1}^n$ прямокутників (блоків, брикетів):

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}, \quad (1)$$

для яких задані w_i, l_i – ширина та висота i -го прямокутника та розміри піддону (складу) шириною W та довжиною L відповідно.

Потрібно знайти ортогональну упаковку без перекриттів даного набору прямокутників, що має мінімальну висоту (рис. 1). Під ортогональною упаковкою мається на увазі упаковка, в якій прямокутники розташовані паралельно сторонам площини. Будь-які обертання прямокутників заборонені. Пояснимо детальніше.

Відомі (x_i, y_i) координати лівого верхнього кута i -го прямокутника на площині, які задовольняють умовам:

- при розміщенні прямокутники не перетинаються
 $((x_i \geq x_j + l_j) \vee (x_j \geq x_i + l_i)) \vee ((y_i \geq y_j + w_j) \vee (y_j \geq y_i + w_i))$
 для $i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$;

- ні один прямокутник не перетинає кордонів площини, на якій він розміщується
 $(x_i \geq 0) \wedge (y_i \geq 0) \wedge (x_i + l_i \leq L) \wedge (y_i + w_i \leq W)$ для $i, j = 1, 2, \dots, n$.

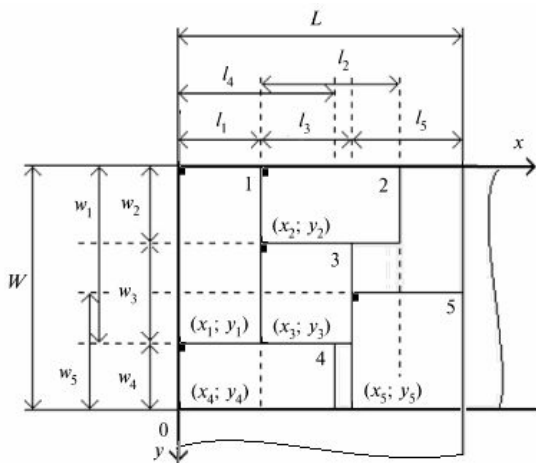


Рис. 1 Геометрична ілюстрація задачі розкладки на площині

Необхідно розмістити на площині набір прямокутників без перекриттів таким чином, щоб площа, яка ними зайнята була б мінімальною, тобто формально треба знайти такий набір (x_i, y_i) для $i, j = 1, 2, \dots, n$, щоб площа (2) набувала мінімальне значення.

$$S = \left(\max_i (x_i + l_i) \times \max_j (y_j + w_j) \right) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Імітаційна модель описує роботу системи, яка реалізує раціональне розташування прямокутників. У якості критерію ефективності приймається коефіцієнт використання (КВ):

$$k = \frac{S_{\text{бл}}}{S_{\text{пл}}}, \quad (3)$$

де $S_{\text{бл}}$ – сумарна площа всіх блоків (брикетів), які покладені на поверхню піддону (складу), $S_{\text{пл}}$ – площа поверхні укладки брикетів.

Оптимальним розв'язком даної задачі вважати- мемо розв'язок, який задовольняє наступним умовам: коефіцієнт використання є максимально високим; варіанти розкладок, що знайдені системою, повинні забезпечувати можливість якісного штабелювання.

На вхід інформаційної підсистеми подаються: розміри піддону (складу); розміри блоків (брикетів); розмір популяції; коефіцієнт нових особів по поколінням; ймовірність мутації.

Результати роботи. Для розв'язання задачі оптимізації КВ використано генетичний алгоритм. У результаті роботи модель повинна запропонувати схему укладки та раціональне значення коефіцієнта використання, який близький до оптимального або йому рівний.

В основі алгоритму лежить послідовне виконання кроків генетичного алгоритму та алгоритму упаковки. Основні кроки генетичного алгоритму складають: сортування, формування популяції, обчислення цільової функції, робота генетичного алгоритму, мутація та змінення параметрів ГА. Зупинимось на деяких моментах більш детально.

Спочатку проводиться вибірка за допомогою генетичного алгоритму підмножини прямокутників для упаковки, потім обрані прямокутники упаковуються. Далі проводиться оцінка результату упаковки. Якщо значення цільової функції генетичного алгоритму задовольняє критеріям, то дана підмножина прямокутників вважається упакованою. Потім послідовно повторюються кроки генетичного алгоритму до завершення упаковки всіх підмножин прямокутників з початкової множини. У підсумку, як результат, буде отримана схема найбільш оптимальної розкладки вантажу.

Для реалізації генетичного алгоритму найменшою неподільною одиницею (особиною) біологічного виду, що схильна до дії факторів еволюції, – є одне з можливих рішень задачі, тобто розкладка [2]. Кожна особина має наступні властивості: тіло особини – бінарний рядок, де нульовому або одиничному значенню біта відповідає розташування прямокутника; коефіцієнт пристосування окремої особини у поколінні. У випадку різних розмірів предметів, їх потрібно занумерувати. Тоді хромосома буде представляти собою нумерацію предметів у деякому порядку (операції кодування та декодування). Слід зазначити, що для перетворення лінійного ланцюга використовується спеціальний алгоритм укладки. Кожна наступна особина розташовується на першому місці за пріоритетом: зліва-направо та зверху вниз. У роботі [5] розроблено поняття блоку-структури, за допомогою якої зручно зберігати інформацію про розміщення та раціонально розташовувати кожен наступний предмет, при цьому враховуються пустоти, що утворюються.

Було проведено чисельні експерименти з використанням моделі оптимізації укладки брикетів на піддоні (рис. 2).

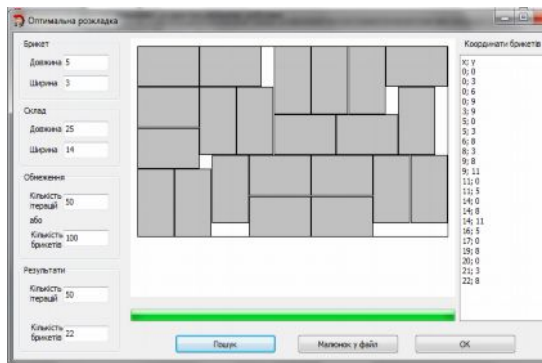


Рис. 2. Результати роботи модуля для розміру брикетів 5x3 умовних одиниць

Дослідження довели, що якість отриманих результатів суттєво залежить від значень глобальних варійованих параметрів: кількість особин у популяції; кількість схрещувань (у роботі дорівнює 2); коефіцієнт мутації (частина змінюваної довжини особини дорівнює 2); час «життя» особини (максимальне число нащадків, які можуть існувати, дорівнює 5); коефіцієнт впливу на функцію життєдіяльності (дорівнює 0,9), ймовірність мутації варіювалась. Наведені далі результати експериментів було отримано з цими параметрами. Зазначимо що у даному чисельному експерименті площа розташування брикетів піддону/складу РП становила 30x15 умовних одиниць, а розміри коробок варіювались. Результатом роботи інформаційної підсистеми, зокрема розробленого програмного модуля, є схема розташування брикетів. Так на рис. 2, 3а) та 3б) наведено приклади розташування прямокутних блоків, розміри яких 5x3, 3x2 та 2x1 умовних одиниць відповідно.

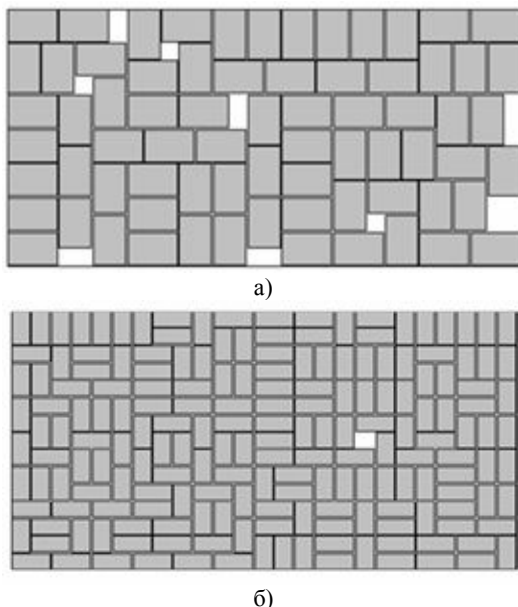


Рис. 3. Результати роботи модуля для розміру брикетів а) 3x2 та б) 2x1

Висновки

Як показують результати досліджень генетичні алгоритми успішно застосовуються для розв'язання різних задач оптимізації. Особливо доцільне їх використання у тих випадках коли неможливо застосувати традиційні методи. Серед них задачі з великим простором пошуку з множиною екстремумів, задачі багатокритеріального пошуку та багатопараметричні. Крім того, генетичні алгоритми дозволяють з прийнятною ефективністю розв'язувати складні по тим чи іншим ознакам задачі.

ГА можна ефективно використовувати для знаходження оптимального розташування брикетів на піддоні, але, слід зазначити, що отримані варіанти складні для виконання вручну, а тому доцільно використовувати автоматизовані системи. Розроблений у роботі програмний модуль оптимального розташування вантажів інформаційної підсистеми дозволяє оптимально використовувати робочий простір (склад/піддон).

Крім того, із-за великої неоднорідності варіантів, вибирають ті, які отримані за допомогою генетичних алгоритмів, легко піддаються штабелюванню.

Теорія еволюційного моделювання є незавершеним фундаментальним дослідженням [2]. Тому автори не претендують на вичерпну повноту отриманих результатів, але розроблений модуль інформаційної підсистеми з використанням генетичних алгоритмів має практичну значущість у розглянутій системі, якою є річковий порт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мартишин С. А., Храпченко М. В. Упаковка прямоугольников в полосу модифицированным методом Нелдера-Мида с использованием генетического алгоритма / Труды Института системного программирования РАН: Теория конечных автоматов и формальных языков. т. 19. 2010. С.135—156.
2. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. — М.: ФИЗМАТЛИТ. 2003. — 243 с.
3. Burke E. K., G. Kendall & G. Whitwell A New Placement Heuristic for the Orthogonal Stock-Cutting Problem / Operation Research. 52(4). 2004. — С.655—671.
4. Hopper E. & B.C.H. Turton An Empirical Investigation of Meta-Heuristic and Heuristic Algorithm for 2D Packing Problem / European Journal of Operational Research, 128(1). 2001. P.34—57.
5. Мухачева А. С., Чиглинец А. В., Смагин М. А., Мухачева Э. А. Задачи двумерной упаковки: развитие генетических алгоритмов на базе смешанных процедур локального поиска оптимального решения / Приложение к журналу Информационные технологии. Машиностроение № 9. 2001. С.4—28.