

УДК 519.81:658.512

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ У СИСТЕМІ КОМПЛЕКТАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Закладний В. І., Безкоровайний В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

Системи автоматизованої комплектації є невід'ємним елементом логістичного забезпечення технологічних процесів сучасних виробничих компаній. Вони передбачають автоматизовану координацію внутрішніх потоків ресурсів, матеріалів та інформації для оптимізації технологічних процесів і підвищення їх загальної ефективності [1]. Свідченням актуальності проблеми оптимізації логістики виробничо-збутової діяльності сучасних компаній є численні наукові публікації [1-6]. Виробнича логістика й управління складами є складовою виробничо-збутової логістики [3-5]. Важливою задачею управління складським господарством є вдосконалення процесу потоку комплектуючих з заводського складу до виробничої лінії. Відомо, що процес комплектування замовлень для виробничих технологічних процесів (ВТП) може досягати до 55 – 75 % від усіх трудовитрат на складі [6].

Розглядається задача оптимізації маршруту руху комплектувальника по території складського приміщення під час комплектації замовлення для ВТП з використанням схеми «Людина до товару», що передбачає пошук і вилучення комплектуючих з місць зберігання на основі замовлень для кожного з ВТП. При цьому, переміщення по складу є домінуючим компонентом, на який припадає більше 50% загального часу збору замовлень. Така задача потребує вирішення двох локальних задач: визначення набору місць зберігання комплектуючих, які треба відвідати, та мінімізації відстані, яку пройдёт комплектувальник. Для зменшення «розсіювання» комплектуючих по складу пропонується використати метод їх класифікації та раціонального розташування на основі АВС-аналізу [6] (рис. 1).

АВС-аналіз дає змогу розділити всю множину комплектуючих для ВТП на три групи:

- група А – комплектуючі, які замовляють найчастіше (становлять приблизно

20 % від загальної кількості комплектуючих, на які припадає 80 % загального об'єму потоку);

– група В – комплектуючі, які замовляють з середньою частотою (приблизно 15 % загального об'єму);

– група С – комплектуючі, з найменшою частотою замовлень (приблизно 5 % загального об'єму).

Комплектуючі групи А, які замовляють найчастіше, пропонується розміщувати біля місця видачі (на початку маршруту), комплектуючі групи В – у середній зоні, а групи С – у віддаленій зоні складу (рис 1).



Рисунок 1 – Ілюстрація методу ABC-аналізу [6]

Задачу оптимізації маршруту комплектувальника пропонується звести до задачі комівояжера на складі прямокутної форми з заданою кількістю паралельних стелажів і коридорів. Якщо базові точки маршруту (місця зберігання комплектуючих, границі коридорів, пункт видачі) подати точками на площині з координатами x_i та y_i , $i = \overline{1, N}$, то відстані між ними $D = [d_{ij}]$ можна визначати в манхетенській метриці:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|. \quad (1)$$

З урахуванням цього, математичну модель оптимізації маршруту комплектувальника як задачу TSP (Travelling Salesman Problem) пропонується подавати у такому вигляді [5]:

$$X^o = \arg \min_X \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{ij} x_{ij}, \quad \sum_{i=1}^N x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, N}, \quad \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

$$u_i - u_j + N \cdot x_{ij} \leq N - 1, \quad i, j = \overline{2, N}, \quad i \neq j, \quad (3)$$

де X – матриця, що визначає маршрут обходу базових точок (x_{ij} – наявність безпосереднього переходу з i -ї точки в j -ту, $x_{ij} \in \{0,1\}$); N – кількість базових точок; u_i – допоміжні змінні, $u_i \geq 0, i = \overline{1, N}$.

Через обмеженість точних комбінаторних методів для розв’язання задачі запропоновано використати евристику методу S-Shape [6] (рис. 2).

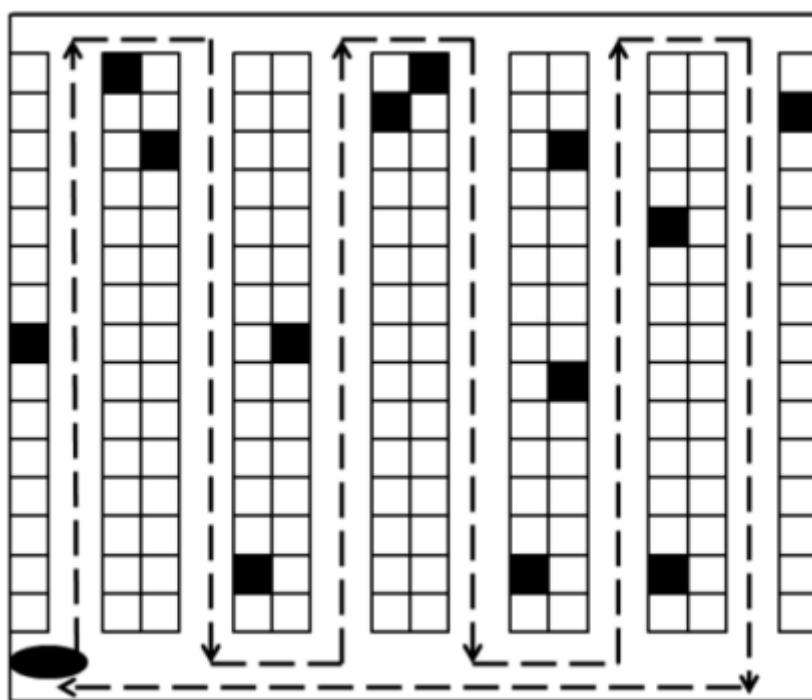


Рисунок 2 – Схема побудови маршруту за методом S-Shape [6]

За цим методом траєкторія руху комплектувальника у процесі формування замовлення нагадує літеру S. Він починає свій шлях з точки отримання (видачі) замовлення та прямує до найближчого коридору, в якому містяться необхідні комплектуючі. Після цього він переходить у бічний коридор і прямує до наступного коридору з необхідними комплектуючими.

Запропонована інтерактивна модифікація цього методу, що передбачає можливість генерації оператором варіантів руху комплектувальника з метою

покращення отриманих маршрутів. Реалізація цього методу дозволяє отримувати субоптимальні рішення для різних макетів складів і враховувати можливе виникнення заторів у проходах складу.

Запропоноване рішення оптимізації маршрутів комплектувальників дозволяє зменшувати витрати часу чи енергії у системі комплектації виробничих технологічних процесів, що сприяє підвищенню їх ритмічності та загальної ефективності.

Література:

1. О. Завитій, Т. Дідоренко та Л. Кондрюк, «Логістичні витрати виробничих підприємств як об'єкти обліку, та контролю», Інститут бухгалтерського обліку, контроль та аналіз в умовах глобалізації, Вип. 1-2, с. 49-73, 2019.
2. A. Sabo-Zielonka i G. Tarczyński, "Porównanie czasów kompletacji zamówień dla różnych sposobów wyznaczania trasy magazynierów na przykładzie dużego centrum logistycznego", *Ekonometria*, № 2 (44), pp. 62-81, 2014.
3. V. Beskorovainyi and A. Sudik, "Optimization of topological structures of centralized logistics networks in the process of reengineering", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, no. 1 (15), pp. 23-31, 2021.
4. В. В. Безкоровайний, Л. І. Нефьодов та В. М. Русскін, «Математична модель структурно-топологічної оптимізації логістичних мереж», *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, вип. 95, с. 178-184, 2021.
5. V. Beskorovainyi, O. Kuropatenko and D. Gobov, "Optimization of transportation routes in a closed logistics system", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, no. 4 (10), pp. 24-32, 2019.
6. О. Я. Кучерук та І. В. Драч, «Оптимізаційний підхід в задачі маршрутизації комплектувальника», *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, №3, с. 59-68, 2021.