

УДК 621:658.511:721.012.1:004.02

Выбор метода оптимизации компоновочного плана машиностроительного производства в зависимости от размерности задачи

Прилипский Кирилл Владимирович

kvprilipskiy@bmstu.ru

Рижская Дарья Дмитриевна

rizhskayadd@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Изучены различные методы оптимизации компоновочных планов машиностроительных производств. Выделен главный критерий оценки оптимальности компоновочного плана — суммарная величина мощностей грузопотоков между подразделениями машиностроительного производства. Основное внимание уделено сравнительной характеристике методов, областям их применения, преимуществам и недостаткам. В ходе работы были рассмотрены эвристические и эволюционные методы оптимизации компоновочных решений, приведены алгоритмы их работы и рекомендации по применению различных методов.

Ключевые слова: компоновочный план, мощность грузопотока, машиностроительное производство, производственные здания, минимизация затрат на производство, методы оптимизации

В работе приводится обзор основных методов оптимизации компоновочных планов машиностроительных производств. Оптимизация компоновочных планов необходима для сокращения производственного цикла, снижения загруженности транспортных систем на производстве и для повышения эффективности использования производственных мощностей и площадей. Это достигается благодаря сокращению расходов на приобретение и обслуживание транспортных средств, а также расходов на заработную плату вспомогательных рабочих.

Для получения или улучшения компоновочного плана производства существуют различные алгоритмы оптимизации, использующие разные принципы и позволяющие с наименьшими трудозатратами и в короткие сроки получить оптимальное компоновочное решение производства с учетом одного или множества критериев оценки.

В качестве главного критерия оценки оптимальности была выбрана суммарная величина мощностей грузопотоков на производстве. Она удобна для оценки, поскольку является конкретной вычисляемой величиной и отражает интенсивность движения материалов на предприятии, состояние логистики и загруженность транспортных систем.

Целью данной — изучение ключевых методов оптимизации компоновочных планов производства и их сравнение для выбора наиболее эффективного метода в конкретных условиях. В работе рассматривается два вида методов оптимизации: эвристические и эволюционные.

Эвристические методы не всегда математически обоснованы, но в большинстве задач выдают оптимальное решение [1]. Эти методы основаны на логике и опыте, благодаря чему сужается пространство для поиска решений. Они работают при большом числе возможных комбинаций подразделений. К числу эвристических методов относятся: CORELAP (COMputerized RELationship LAYout Planning), ALDEP (Automated Layout DESIGN Program), SHAPE (Selection of materials Handling equipment and Area Placement Evaluation), CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), MCCRAFT (Modified Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), COFAD (COMputerized FAcilities Design) и MULTIPLE (Multi-Level Technique for Placement Evaluation). Они обладают разным уровнем детализации, работают с разным количеством критериев оценки и, соответственно, обладают разными областями применения.

CRAFT, ALDEP, CORELAP и SHAPE используют более простые алгоритмы и чаще всего способны оценивать оптимальность компоновочного решения по одному критерию (например, по величине мощности грузопотоков), не учитывая другие важные требования (безопасность на производстве, доступ к оборудованию, стоимость транспортировки и т. д.) [2]. Поэтому эти методы подходят для задач небольшой размерности, т. е. небольших производств с простыми связями между участками.

В методах MCCRAFT, MULTIPLE и COFAD устранены многие недостатки предыдущих методов, поэтому они подходят для составления компоновочных планов крупных машиностроительных производств, предприятий с высоким уровнем автоматизации и большим количеством факторов, которые необходимо учитывать [3].

В основе эволюционных методов лежат законы биологии. Изначально алгоритм создает случайный набор возможных компоновочных решений производства, которые служат базой для дальнейших преобразований. Путем множественных мутаций, клонирований, кроссинговеров (скрещиваний) и селекций алгоритм приходит к оптимальному компоновочному решению [1, 4].

К эволюционным методам относятся: эволюционные стратегии (Evolutionary Strategies (ES)), генетические алгоритмы (Genetic Algorithm (GA)), метод дифференциальной эволюции (Differential Evolution (DE)) и метод искусственной иммунной системы (Artificial Immune System (AIS)). Их основное отличие друг от друга — преобладающий «генетический оператор». Для GA таким оператором является кроссинговер, для ES — мутация, и т. д. Это определяет гибкость метода и область его применения.

Исследование показало, что эволюционные методы (DE, AIS, GA, ES) более применимы к задачам с большим количеством подразделений, взаимосвязей и критериев оценки, а классические эвристические методы (например, CRAFT, SHAPE, ALDEP, CORELAP) лучше работают с задачами малой размерности.

Данное исследование предоставляет рекомендации для выбора методов оптимизации компоновочных планов производства в зависимости от количества подразделений и взаимосвязей между ними.

Литература

- [1] Мицель А.А. *Эвристические методы оптимизации*. Томск, ТУСУР, 2024, 82 с.
- [2] Tompkins J.A. An applied model for the facilities design problem. *International journal of production research*, 1976, no. 14, pp. 7519–7520.
- [3] Narayanan V., Pillai R.R., Surendran A. Development of a suitable plant layout using computerised relative allocation of facility techniques. *International journal of recent technology and engineering*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 4958–4962.
- [4] Abdoun O., Tajani C., Abouchabaka J. Analyzing the performance of mutation operators to solve the traveling salesman problem. *International Journal of Emerging Sciences*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 61–77.

Selection of the Optimization Method for Mechanical Engineering Production Layout Planning Based on Problem Dimensionality

Prilipskiy K.V.

kvprilipskiy@bmstu.ru

Rizhskaya D.D.

rizhskayadd@student.bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

The study examines various methods for optimizing layout plans in mechanical engineering production. The main criterion for assessing the optimality of a layout plan — the cargo flow capacity in production — is highlighted. Primary attention is given to the comparative characteristics of these methods, their areas of application, advantages, and disadvantages. Both heuristic and evolutionary optimization methods were reviewed, with their working algorithms provided and recommendations given on the application of different methods.

Keywords: layout plan, cargo flow capacity, mechanical engineering production, industrial buildings, minimization of production costs, optimization methods

