

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПОНОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДАМИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Коробкова Т.А., группа АСУ- 016

Руководитель доц. каф. АСУ Секирин А.И.

Актуальность задачи оптимизации проектирования компоновочных решений (КР) — вариантов размещения оборудования, обусловлена тем, что именно на этом этапе гибкая производственная система (ГПС), которая представляет собой совокупность средств производства, обладающих способностью быстрой переналадки с производства одного вида продукции на другой, формируется как интегрированная система станков и автоматизированного транспорта. Рациональность заложенных здесь решений позволит уменьшить капитальные затраты на вспомогательное оборудование, улучшить организационные показатели работы ГПС (уменьшить время нахождения детали в системе, повысить надежность функционирования и др.), улучшить использование производственных площадей. При внесении задач проектирования КР в контур автоматизированного проектирования эффект может быть получен не только за счет улучшения качества проекта, но и за счет интенсификации процесса проектирования.

ГПС ориентируется на использование групповых методов производства, при которых для групп однородной по тем или иным конструктивно-технологическим признакам продукции устанавливаются однотипные высокопроизводительные методы обработки с использованием однородных и быстропереналаживаемых орудий производства. Представляется возможным использование типовых технологических решений, обобщенных маршрутов обработки, характерных для определенного класса, группы деталей,

модификации изделий и позволяющих формировать индивидуальные технологические маршруты в зависимости от конструктивных и технологических признаков конкретных деталей. Групповой метод производства в значительной мере определяет производственную структуру цехов и участков, систему планирования и обслуживания.

В сформированном нами варианте размещения КР в каждую позицию допускается установка любого станка системы. Для окончательного определения принципиально-возможных структурно-компоновочных решений необходимо распределить оборудование по позициям. А поскольку схема распределения основного технологического оборудования значительно влияет на такие показатели качества проектного варианта КР ГПС как пробег транспорта, суммарный грузопоток в системе, время транспортирования деталей, то распределение должно быть оптимальным.

Перейдем непосредственно к постановке задачи. Оптимизация компоновки производственного оборудования заключается в том, чтобы для ГПС с заданными размерами цеха, заданным типом и количеством оборудования определить такую схему компоновки цеха, при которой критерий оценки качества компоновки стремился к экстремуму.

$$f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n fl_{ik} \cdot c_{jl} \cdot x_{ij} \cdot x_{kl},$$

где a_{ij} — доход от работы машины i расположенной в позиции j ,

c_{jl} — стоимость транспортировки единицы изделия от позиции j к l ,

fl_{ik} — поток изделий от машины i к k ,

n — общее число мест для размещения машин,

$x_{ij}=1$, если машина i размещена в позиции j и $x_{ij}=0$ иначе.

Большинство критериев оптимизации компоновочных решений зависят непосредственно от модели машиностроительного предприятия. К таковым относятся:

- Минимизация расстояния, пройденного изделием в процессе обработки

$$F_{1(2)} = \min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij},$$

где f_{ij} — частота / объем движения,

c_{ij} — затраты на перемещение одного изделия на одну единицу расстояния между машинами i и j ,

d_{ij} — расстояние между машиной i и j .

- Минимизация пиковых нагрузок оборудования

$$F_3 = \min \{ \max (\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m p_{t_{ik}} \cdot p_{v_i}) \},$$

где $p_{t_{ik}}$ — время обработки деталей типа i на машине типа k ,

p_{v_i} — размерность партии деталей типа i ,

m — количество видов оборудования,

n — количество типов партий деталей.

- Оптимальное соотношение этих критериев, т.е. их весовые коэффициенты.

В данной работе нами предложено использование эксплуатационного критерия, не зависящего от модели машиностроительного предприятия. Каждому типу оборудования назначается приоритет использования, согласно которому станки с наивысшим приоритетом необходимо размещать ближе к складу, а с наименьшим — дальше от склада.

$$F = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot (|p_{ij} - i| - kn_{ij}),$$

где n — количество рядов,

m — количество машин в ряду,

$i = 1..n$ — номер ряда,

$j = 1..m$ — номер машины в ряду,

p_{ij} — приоритет j машины, расположенной в i ряду,

$x_{ij}=0$, если j машина в i ряду является накопителем,

$x_{ij}=1$, иначе,

$kn_{ij} = 1..4$ — количество накопителей вокруг j машины в i ряду:

$$kn_{ij} = x_{ij-1} + x_{i-1j} + x_{ij+1} + x_{i+1j}, \text{ при } i>1, j>1;$$

$$kn_{ij} = x_{ij+1} + x_{i+1j}, \text{ при } i=1, j=1;$$

$$kn_{ij} = x_{ij-1} + x_{i+1j}, \text{ при } i=1, j=m;$$

$$kn_{ij} = x_{ij-1} + x_{i-1j}, \text{ при } i=n, j=m;$$

$$kn_{ij} = x_{i-1j} + x_{ij+1}, \text{ при } i=m, j=1;$$

$$kn_{ij} = x_{i-1j} + x_{ij+1} + x_{i+1j}, \text{ при } j=1;$$

$$kn_{ij} = x_{ij-1} + x_{ij+1} + x_{i+1j}, \text{ при } i=1;$$

$$kn_{ij} = x_{ij-1} + x_{i-1j} + x_{i+1j}, \text{ при } j=m;$$

$$kn_{ij} = x_{ij-1} + x_{i-1j} + x_{ij+1}, \text{ при } i=n.$$

Существуют различные методы и подходы к построению оптимальных структурно-компоновочных решений. В их основе лежат: комбинаторика, квадратичная задача о назначениях, метод ветвей и границ. Основной недостаток перечисленных методов моделирования — невысокая точность и большие затраты времени на поиск оптимального решения. В связи с этим, для решения задачи оптимизации компоновки производственного оборудования был предложен генетический алгоритм.

Кодирование хромосомы. В качестве типа компоновочной структуры была выбрана групповая, при которой каждая группа станков предназначена для обработки определенной номенклатуры заготовок. Эта компоновка является развитием принципа групповой технологии и обеспечивает наивысшую производительность.

Группы машин разделим на два подвида:

- Универсальные группы машин (склад) — их разместим по периметру цеха;

- Специализированные группы машин (накопители, станки токарные, фрезерно-расточные, шлифовальные и др.) — эти группы машин будут размещаться по генетическому алгоритму.

Каждую группу машин обозначим буквой, тогда строка из последовательности этих букв (последовательности расположения групп машин) определит хромосому.

Генетические операторы. Отбор или селекция основывается на значении фитнес функции. Выживают решения с наилучшим показателем фитнес функции. В данной работе был использован наиболее популярный механизм отбора — колесо рулетки.

Скрещивание (кроссинговер) заключается в генерации новых решений на основании отобранных родительских решений (см. рис. 1). Классическая схема заключается в создании одного или нескольких решений на основании родительской пары (2 родительские особи) посредством различного рода комбинаций их ген. Для реализации операции скрещивания был выбран оператор — одноточечный кроссинговер. Точка пересечения выбирается случайно для каждого решения.

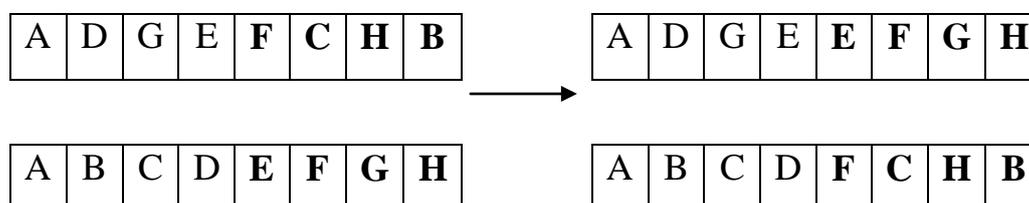


Рисунок 1 — Скрещивание хромосом в точке 3

Мутация привносит некоторые особенности в потомков, которых не было в родителях. Это генетический оператор, который представляет собой замену генов в пределах одной хромосомы. В нашей задаче случайным образом выбирается номер гена в хромосоме, и данный ген меняется местами с соседним. Например, мутация в точке 1 будет выглядеть так, как представлено на рис. 2.

A	D	G	E	E	F	G	H
---	---	---	---	---	---	---	---

A	G	D	E	E	F	G	H
---	---	---	---	---	---	---	---

Рисунок 2 — Мутация хромосомы в точке 1

После выполнения оператора скрещивания некоторые хромосомы могут быть повреждены. Повреждения — это например, повторяющиеся буквы, которые означают, что некоторые группы машины повторяются в компоновке, а некоторые вообще не участвуют. Восстановление хромосомы заключается в выявлении двойных букв и замене каждой повторяющейся буквы на пропущенную. В результате выполнения процедуры восстановления хромосомы получим следующее (см. рис. 3)

A	G	D	E	E	F	G	H
---	---	---	---	---	---	---	---

→

A	G	D	E	B	F	C	H
---	---	---	---	---	---	---	---

Рисунок 3 — Восстановление хромосомы

Критерии останова. Алгоритм (рис. 4) может прекратить дальнейшие вычисления по одному из следующих критериев, определяемых пользователем:

1. Отработано заданное пользователем количество поколений (или произведено заданное число вычислений целевой функции);
2. Алгоритм отработал отведенное время;
3. Достигнуто заданное количество повторений, при котором не происходит существенного улучшения решения.

Выводы. Для повышения эффективности работы производственно-технологических систем и оптимизации компоновки производственных цехов предложено использовать метод эволюционного моделирования

генетические алгоритмы. Проведенные исследования показали высокую эффективность применения данного подхода к оптимизации компоновки производственного оборудования, при вероятности оператора кроссинговера 0.7–0.9, вероятности оператора мутации 0.1–0.3, размере хромосомы — 20, количестве поколений 200.



Рисунок 4 — Схема генетического алгоритма для задачи оптимизации компоновки оборудования

Перечень ссылок

1. Evolutionary strategies in agile facility design» — Agnieszka Stachowiak, Poznan University of Technology, Computing and Management Department.
2. An investigation of genetic algorithms for facility layout problems — Kazuhiro Kado, University of Edinburgh, 1995.
3. Genetic algorithm optimization for the machine layout problem — Norhashimah Morad, School of industrial technology university Sains Malaysia.
4. Мамаев В.М., Осипов Е.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. — М.: Машиностроение, 1974.