

# 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 загрузок оборудования

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

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

$pv_i$  — 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.

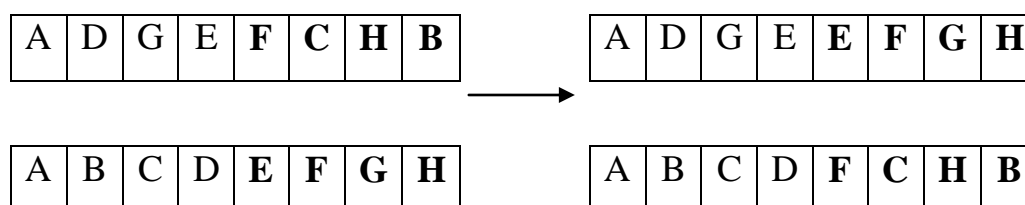


Рисунок 1 — Скрещивание хромосом в точке 3

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.