

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Соловьева Ю.Ю., группа АСУ-01в

Руководитель проф. каф. АСУ Лаздынь С.В.

1. Выбор и обоснование критериев оптимальности состава оборудования

При организации производственного процесса одной из самых важных проблем определения оптимального состава оборудования. Если при выборе техники применять машины, лучше всего подходящие для выполнения каждой отдельной операции, то в целом может получиться отнюдь не оптимальный комплекс машин, что приведет к повышению затрат на единицу производимой продукции, к значительной неравномерности в использовании рабочей силы и машин.

На первый взгляд кажется, что все операции выгоднее выполнять машинами, имеющими наибольшую производительность. Однако при этом необходимо иметь в виду, что, хотя приспособленность рассматриваемой машины к в отдельности и играет существенную роль, все же окончательно вопрос о целесообразности использования каждой машины может решаться только на основании анализа всего процесса в целом.

Неправильно подсчитанное количество или неправильно подобранное по типам оборудование влечет за собой излишек или недостаток, а также некомплектность его. При излишке оборудования происходит неполное его использование, преувеличенные и непроизводительные затраты на его приобретение, установку и содержание, увеличение площади, требующейся для его размещения. При недостатке оборудования отсутствует возможность выполнять производственное задание.

В задачах многокритериальной оптимизации стремятся найти одну или несколько удовлетворительных альтернатив среди ряда возможных альтернатив. В

работе Бенхам Малакути (Benham Malakooti) и Зионг Янг (Ziong Yang), впервые, продемонстрировали многократный подход, чтобы решить проблему формирования участка, при противоречивых критериях. Цели: максимизируйте норму использования машины (чтобы иметь более высокую норму производительности), минимизировать число дублированных машин (чтобы иметь более низкую стоимость и минимизировать занятую площадь). Согласно подобиям в особенностях проекта или требованиях обработки, типы оборудования были сгруппированы в участки. Бенхам Малакути (Benham Malakooti) и Зионг Янг (Ziong Yang) в статье «Multiple criteria approach and generation of efficient alternatives for machine-part family formation in group technology» критериями оптимальности были выбраны: минимальное число дублированных машин; минимальное число исключительных элементов; максимальная норма использования машин.

Если предположить, что нам точно известны последовательность, объемы и сроки проведения каждой технологической операции, то при имеющемся большом разнообразии энергетических и рабочих машин выбор и агрегатирование их являются сложной задачей.

Выбраны следующие критерии:

- 1) минимум затрат на приобретение оборудования
- 2) максимум загрузки оборудования
- 3) минимум времени на обработку деталей
- 4) минимум затрат на ремонт и обслуживание оборудования

2. Постановка задачи

Принятые обозначения:

i — вид производимой продукции;

I — число видов продукции;

m — вид оборудования, $m=1,2,\dots,M$;

M — общее количество видов оборудования;

j — вид технологии, $j=1,2,\dots,J$;

J — число видов технологий;

$t_{o\ ij}^m$ — норма времени на обработку единицы i -го вида продукции на m -ом типе оборудования по j -той технологии, час;

$t_{p\ ij}^m$ — норма времени на переналадку m -го типа оборудования при изготовке i -го вида продукции j -той технологии, час;

K_u — коэффициент использования номинального фонда времени работы оборудования с учетом ремонта и обслуживания;

c_m — затраты на ремонт и обслуживание оборудования m -го типа в год, грн;

A_m — стоимость m -го типа оборудования;

y — номер производственного участка;

Y — общее количество производственных участков;

P_{my} — количество оборудования m -го типа уже имеющиеся на y -ом участке;

x_{my} — необходимое количество оборудования m -го типа на y -ом участке;

$x_m = \sum_y x_{my}$ — общее дополнительное количество оборудования m -го типа

по предприятию;

N_D — количество рабочих дней в расчетном периоде;

N_s — количество смен в сутки;

T_s — длительность рабочей смены;

A_{\max} — максимальная сумма денежных средств на приобретение оборудования;

U_y — максимальное количество станков типа m на участке y ;

Критерии:

$\max f1(x)$ — максимум загрузки оборудования;

$\min f2(x)$ — минимум времени на обработку деталей;

$\min f3(x)$ — минимум затрат на приобретение оборудования;

$\min f4(x)$ — минимум затрат на ремонт и обслуживание оборудования;

$$\min f1(x) = - \frac{\sum_i q_i \sum_j \sum_m (t_{o\ ij}^m + t_{p\ ij}^m)}{N_D N_S T_S K_U \sum_m \sum_y (p_{my} + x_{my})}, \quad (2.1)$$

для m , где $\sum_y (p_{my} + x_{my}) > 0$;

$$\min f2(x) = \sum_i q_i \sum_j \sum_m (t_{o\ ij}^m + t_{p\ ij}^m), \quad (2.2)$$

для m , где $\sum_y (p_{my} + x_{my}) > 0$;

$$\min f3(x) = \sum_m A_m \sum_y x_{my}; \quad (2.3)$$

$$\min f4(x) = \sum_m c_m \sum_y x_{my}. \quad (2.4)$$

При ограничениях:

1) $x_{my} \geq 0$.

2) Затраты на приобретение дополнительных единиц оборудования не должны превышать допустимые A_{\max}

$$\sum_m A_m \sum_y x_{my} \leq A_{\max}. \quad (2.5)$$

3) Время, затраченное единицей оборудования на производство продукции, не должно превышать полезный фонд времени данной единицы в расчетном периоде

$$\frac{\sum_i q_i \sum_j \sum_m (t_{o\ ij}^m + t_{p\ ij}^m)}{\sum_m \sum_y (p_{my} + x_{my})} \leq N_D N_S T_S K_U, \quad (2.6)$$

для m , где $\sum_y (p_{my} + x_{my}) > 0$.

4) Ограничение по технологической вместимости участков

$$\sum_y (p_{my} + x_{my}) \leq U_Y.$$

3. Выбор и обоснование метода свертки нескольких критериев в один

При решении многокритериальной оптимизации во многих случаях имеют

дело с противоречивыми критериями, поэтому возникает проблема учета приоритета (или различной степени важности) локальных критериев. Хотя при выборе решения следует добиваться наивысшего качества по всем критериям, однако степень совершенствования по каждому из них имеет различную значимость. Поэтому для учета приоритета вводится вектор важности критериев, с помощью которого корректируется принцип оптимальности или проводится дифференциация масштабов измерения критериев.

В данной задаче имеем дело с такими противоречивыми критериями как: минимум приведенных затрат, максимум загрузки оборудования, минимум времени обработки, минимум затрат на приобретение оборудования. Для оценки веса каждого критерия предполагается применить методику, предложенную Г.И. Солодом в работе «Оценка качества горных машин». Оценка (вес) критерия — это определение степени его приближения значения к базовому значению.

Большинство принципов нормализации базируется на введении идеального решения, обладающего идеальным вектором эффективности. Это идеальное решение можно априорно предложить исходя из информации об объекте, а можно решить задачу оптимизации для каждого локального критерия и в соответствии с этими решениями значение вектора эффективности принять за идеальный вектор эффективности. Определение базовых показателей эталонного набора оборудования целесообразно производить по удельным показателям.

Пусть задано n критериев оптимальности f_i , $i=1,2,3..n$. Определяем относительный уровни критериев по отношению к их экстремальным (удельным) значениям.

$$K_i = \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{i\min}}{f_i}, \text{ если } f_i \rightarrow \min \\ \frac{f_i}{f_{i\max}}, \text{ если } f_i \rightarrow \max \end{array} \right\}, \quad (3.1)$$

для экстремального значения критерия $K_{i_0}=1$.

Определяем долевое участие уровня i -го критерия в общей сумме критериев:

$$a_i = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i}, \quad (3.2)$$

для экстремального значения критерия $a_{i^*} = \frac{1}{n}$.

Далее не обходимо определить коэффициент участия уровня i -го критерия в значении обобщенного критерия:

$$y_i = \frac{1-a_i}{1-\frac{1}{n}}, \quad (3.3)$$

где $\frac{1}{n}$ — это долевое участие экстремального значения i -го критерия в общей сумме критериев, $y_{i^*}=1$.

Суммарное значение уровней единичных критериев определяется по правилу сложения векторов:

$$\Psi_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ij} k_{ik})^2}. \quad (3.4)$$

Суммарное значение уровней единичных критериев для экстремальных значений:

$$\Psi_\delta = \sqrt{n}. \quad (3.5)$$

Обобщенный критерий равен отношению суммарных значений уровней критериев по единичным критерия к аналогичным уровням эталонной модели.

$$f_0 = \frac{\Psi_j}{\Psi_\delta} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{ij} k_{ik})^2}. \quad (3.6)$$

После подстановок получим

$$f_0 = \frac{1}{(n-1) \sum_{i=1}^n K_i} \sqrt{n \sum_{i=1}^n [K_i (\sum_{i=1}^n K_i - K_i)]^2}. \quad (3.7)$$

Полученное значение обобщенного критерия f_0 изменяется от 0 до 1 и показывает усредненное приближение единичных критериев к их экстремальным значениям.

4. Разработка модифицированного генетического алгоритма для определения оптимального состава оборудования

Преимущества генетических алгоритмов:

- Не требуют никакой дополнительной информации о поверхности ответа;
- Разрывы, существующие на поверхности ответа незначительно влияют на эффективность оптимизации;
- Устойчивы к попаданию в локальные оптимумы;
- Хорошо работают при решении задач многоцелевой оптимизации;
- Могут быть использованы для широкого класса задач;

Обобщенная схема генетического алгоритма:

- 1) Отбор особей для репродукции;
- 2) Образование пар из отобранных особей;
- 3) Рекомбинация — генерация новых особей из родительских пар;
- 4) Мутация новых особей;
- 5) Позиционирование новых особей в популяции.

4.1 Хромосома

Хромосома состоит из $M \times Y$ генов, т.е. имеет вид мультихромосомы.

Номер строки — тип оборудования, столбца — номер участка.

		участки						
		1	2	3	...	y	y+1	Y
ТИПЫ оборудования	1	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃ ...	x _{1y}	x _{1y+1}	x _{1Y}	
	2	x ₂₁	x ₂₂	x ₂₃ ...	x _{2y}	x _{2y+1}	x _{2Y}	
	3	x ₃₁	x ₃₂	x ₃₃ ...	x _{3y}	x _{3y+1}	x _{3Y}	
	⋮							
	⋮							
	⋮							
	m	x _{m1}	x _{m2}	x _{m3} ...	x _{my}	x _{my+1}	x _{mY}	
	m+1							
	⋮							
	⋮							
M	x _{M1}	x _{M2}	x _{M3} ...	x _{My}	x _{My+1}	x _{MY}		

4.2 Фитнесс функция

Фитнесс-функция — это пожалуй наиболее важная (или одна из) деталь ГА. Здесь нужно выделить 3 главных момента:

1) Функция оценки должны быть адекватна задаче. Это означает, что для успешного поиска необходимо, чтобы распределение значений фитнес-функции совпадало с распределением реального качества решений (не всегда "качество" решения эквивалентно его оценке по фитнес-функции).

2) Фитнесс-функция должна иметь рельеф. Мало того, рельеф должен быть разнообразным. Это означает, что ГА имеет мало шансов на успех, если на поверхности фитнес-функции есть огромные "плоские" участки — это приводит к тому, что многие (или, что хуже, все) решения в популяции при различии в генотипе не будут отличаться фенотипом, то есть, не смотря на то, что решения различаются, они имеют одинаковую оценку, а значит алгоритм не имеет возможности выбрать лучшее решение, выбрать направление дальнейшего развития.

3) Фитнесс функция должна требовать минимум ресурсов. Т.к. это наиболее часто используемая деталь алгоритма, она имеет существенное влияние на его скорость работы.

Когда определены целевые функции, пусть нужно определить фитнес функцию. Все параметры в ходящие в фитнес функцию описаны в пункте 3 отчета:

$$f_0 = \frac{1}{(n-1) \sum_{i=1}^n K_i} \sqrt{n \sum_{i=1}^n [K_i (\sum_{i=1}^n K_i - K_i)]^2}. \quad (4.1)$$

4.3 Отбор

Существует не сколько видов отбора:

- турнирный отбор
- стратегия элитаризма
- рулетка

– пропорциональный отбор

В разработанном методе предполагается использовать «рулетку».

4.4 Кроссинговер

Кроссинговер заключается в генерации новых решений на основании отобранных родительских решений. Классическая схема заключается в создании одного или нескольких решений на основании родительской пары (2 родительские особи) посредством различного рода комбинаций их ген.

Существует множество видов кроссинговера (ОК — оператор кроссинговера), таких как:

- классический (одноточечный);
- двухточечный;
- однородный (по маске);
- Расширенный линейчатый кроссовер;
- SBX кроссовер;
- и т.д.

"Традиционный" генетический алгоритм использует одноточечный кроссинговер. Дейонг (DeJong) исследовал эффективность многоточечного кроссинговера и пришел к выводу, что двухточечный кроссинговер дает улучшение, но что дальнейшее добавление точек кроссинговера редуцирует деятельность генетического алгоритма. Предлагается использовать простой одноточечный или двухточечный кроссинговер. Для отбора родителей применяем рулетку.

Для выбранных родителей применяем оператор кроссинговера, с вероятностью 0,5 из получившихся двух потомков оставляем одного.

4.5 Мутация

Мутация привносит в некоторые особенности в потомков, которых не было в родителях. Для хромосомы, выбранной для мутации с вероятностью p_m (вероятность мутации обычно очень маленькое число).

Получили популяцию размером большим `max_size_pop`, для ограничения размера применяем «элитизм», получаем популяцию размером равным `size_pop`. Если условие остановки алгоритма не выполнилось проходим весь путь заново. Предполагается в качестве критерия остановки использовать заданное количество повторений наилучшего решения.

Заключение

В данной статье была представлена многокритериальная математическая модель определения оптимального состава оборудования машиностроительного предприятия по следующим критериям: минимум затрат на приобретение оборудования, максимум загрузки оборудования, минимум времени на обработку деталей, минимум затрат на ремонт и обслуживание оборудования. Предложен модифицированный генетический алгоритм для решения поставленной задачи.

Перечень ссылок

1. Туровец О.Г., Родионов В.Б. Организация производства и управление предприятием. — ИД "Инфра-М", 2005.
2. Солод Г.И. Оценка качества горных машин. — М: Моск. горн инст, 1978.
3. Егоров М.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. — М.: Высшая школа, 1969.
4. Мамаев В.М., Осипов Е.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. — М.; Машиностроение, 1974.
5. Статья «Multiple criteria approach and generation of efficient alternatives for machine-part family formation in group technology» BEHNAM MALAKOOTI and ZIYONG YANG, Electrical Engineering and Computer Science Department, Case Western Reserve University, Cleveland, OH 44106, USA / Электронный ресурс. Способ доступа: URL: ["http://vorlon.cwru.edu/~bxm4/papers/53-2002.pdf"](http://vorlon.cwru.edu/~bxm4/papers/53-2002.pdf).
6. Статья “Approaches to the general cell formation problem” by L/R Foulds and J.M Wilsom [2002] /Электронный ресурс. Способ доступа: URL: <http://www.lboro.ac.uk/departments/bs/research/2002-2.pdf>.