Информационные технологии автоматизированного проектирования
Часть 1

Лекция 6

Лекция 6
АЛГОРИТМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ МОДУЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ ИЕРАРХИИ

1 Классификация алгоритмов размещения

2 Алгоритмы назначения

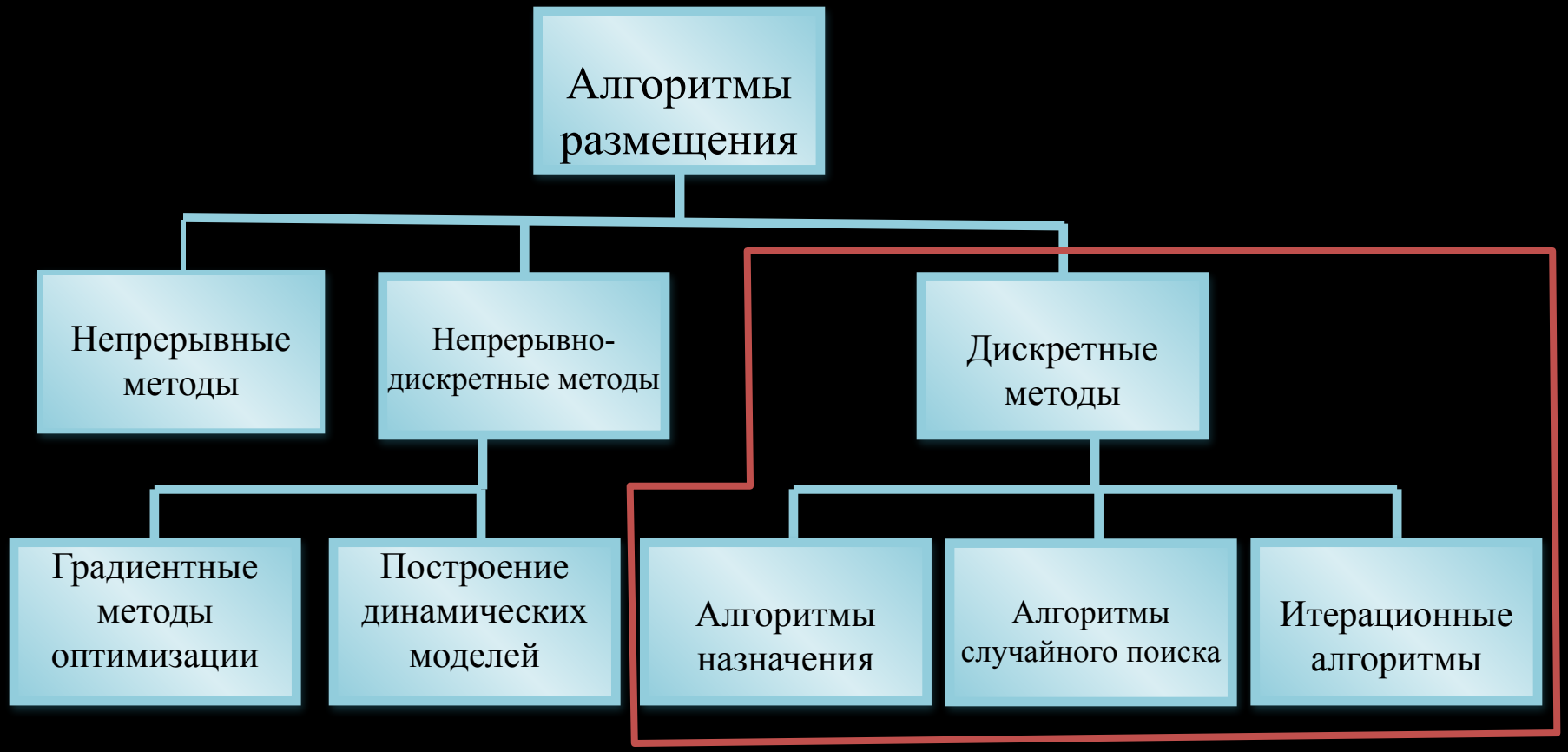
3 Алгоритмы случайного поиска

4 Итерационные алгоритмы

5 Непрерывно-дискретные методы размещения

6 Особенности алгоритмов размещения при многоцелевой оптимизации модулей

Вопрос 1 Классификация алгоритмов размещения


Алгоритмы размещения
Непрерывные методы
Непрерывно-дискретные методы
Дискретные методы
Градиентные методы оптимизации
Построение динамических моделей
Алгоритмы назначения
Алгоритмы случайного поиска
Итерационные алгоритмы

Дискретные методы
Алгоритмы назначения
Алгоритмы случайного поиска
Итерационные алгоритмы
Линейного назначения
Квадратичного назначения
Алгоритмы перестановок: парных и групповых
Алгоритмы последовательной установки
Параллельные алгоритмы (обратное размещение)
Слепого поиска
Случайного блуждания
Комбинированные случайного поиска

Дискретные алгоритмы

Модель коммутационного пространства представляют в виде множества фиксированных координат позиций. Задача размещения сводится к сравнению различных вариантов, закрепления элементов в этих позициях и выбору того из них, который обеспечивает экстремальное значение целевой функции *F*.

Для нахождения глобального экстремума *F* необходим полный перебор всех возможных вариантов размещения, т. е. для оптимального размещения *n* элементов в *k* позициях следует осуществить C_k^n n! перестановок, что уже при *n* = 10 практически невозможно, так как минимальное число вариантов размещения *(k = n)* оказывается равным 3 628 000.

Поэтому дискретные методы оптимизации позволяют отыскивать обычно только локальные экстремумы целевой функции.

Непрерывно-дискретные алгоритмы

Задание фиксированного набора посадочных мест не обязательно. Размещение элементов осуществляется на непрерывной плоскости.

Представляют наибольший интерес для конструкций, содержащих разногабаритные элементы

(ППП + гибридные ИМС + дискретные элементы)

Задача размещения решается в два этапа:

1) определяют координаты местоположения центров элементов, при которых целевая функция F имеет экстремальное значение;
2) полученные координаты «округляются» в фиксированные целочисленные значения координатной сетки, нанесенной на поверхность коммутационной платы.

Вопрос 2 Алгоритмы назначения

2.1 Алгоритмы линейного назначения

Основаны на комбинаторно-аналитическом алгоритме Штейнберга.

Алгоритм метода:

- Пусть имеется некоторое начальное размещение конструктивных элементов.
- По матрице связности **C** выделяем максимальное внутренне устойчивое подмножество Ri, т. е. максимальную совокупность несвязных между собой элементов.
- Из начального размещения исключаем элементы, принадлежащие Ri.
- Для всех элементов из подмножества ищем такие позиции из числа свободных, которые соответствуют минимуму целевой функции F.

2.1 Алгоритмы линейного назначения

Так как элементы подмножества Ri не связаны друг с другом, то на выбор позиции для любого оказывают влияние только связи rj с элементами подмножества R\Ri, где R - множество конструктивных элементов, размещаемых на плате.

- После нахождения оптимального размещения всех элементов выделяем следующее внутренне устойчивое подмножество и т.д.

2.1 Алгоритмы линейного назначения

Условием окончания поиска на z-ом шаге является незначительное уменьшение целевой функции при оптимизации размещения очередного внутренне устойчивого подмножества:

$$\frac{F^{z-1} - F^{z}}{F^{z-1}} \leq \varepsilon$$

где F^{z-1} и F^{z} - значения целевой функции на (z-1)- и z-м шагах; ε - порог чувствительности алгоритма

Недостатки алгоритма:

1. большой объем требуемой памяти
2. возможность нахождения только локального экстремума целевой функции (глобальный оптимум ищется лишь для внутренне устойчивого подмножества).

2.2 Алгоритмы квадратичного назначения

Основаны на использовании методов нелинейного программирования.

Наибольшее распространение получили алгоритмы, основанные на методе ветвей и границ.

Недостатки алгоритма:

1. необходимость качественного начального размещения
2. сравнительно большие затраты машинного времени, не позволяющие решать задачи большой размерности

Достоинства алгоритма:

1. возможность получения глобального экстремума
2. наличие типовых программ решения задач квадратичного назначения

Вопрос 3 Алгоритмы случайного поиска

3.1 Алгоритмы слепого поиска

- Выбирают наугад какую-либо позицию монтажной плоскости из числа незанятых и на ней закрепляют (по порядку, начиная с первого) подлежащий размещению элемент.
- операцию продолжают до тех пор, пока все конструктивные элементы не будут установлены.
- Для полученного размещения вычисляют значение целевой функции, например суммарную взвешенную длину соединений.
- Аналогично проводят второе, третье и т. д. случайные размещения элементов, начиная с закрепления второго, третьего и т. д. элементов.
- Вычисленное для каждого варианта размещения значение целевой функции сравнивают с наилучшим результатом, достигнутым на предыдущих шагах. Если имеет место улучшение значения целевой функции, то данное размещение запоминают, в противном случае — отбрасывают как неудачное

3.1 Алгоритмы слепого поиска

Достоинства алгоритма:

Алгоритмы не накладывают никаких ограничений на свойства области допустимых значений параметров и целевую функцию, позволяя проводить оптимизацию одновременно по нескольким показателям качества

Недостатки алгоритма:

Для нахождения глобального экстремума требуется просмотреть огромное число вариантов размещения, практически равное полному регулярному перебору

3.1 Алгоритмы слепого поиска

Сокращение вариантов q возможно при отыскивании не оптимального, а близкого к нему размещения, для которого значение целевой функции F отличается от оптимального F* на величину, не превосходящую некоторую заранее заданную погрешность ε.

Путем экстраполяции функции

$$\left| F^* - F_q \right| \leq \varepsilon$$

3.2 Алгоритмы случайного блуждания

алгоритм не отличается от предыдущего за исключением:

- учитываются характерные особенности оптимизируемой функции. Например, можно воспользоваться тем обстоятельством, что при оптимальном расположении элементов на плате вероятность установки сильно связанных между собой элементов в соседние позиции выше, чем в удаленные.
- для повышения вероятности попадания связанных элементов в соседние позиции перед каждой очередной установкой элемента выявляют те позиции, в которых располагаются связанные с ним элементы. Все свободные позиции нумеруются в порядке возрастания их расстояния от данных позиций для наиболее вероятного попадания устанавливаемого элемента в позицию с меньшим номером.
- затем производят перенумерацию оставшихся незанятых позиций, принимая во внимание связи следующего закрепляемого элемента и т.д.

3.3 Комбинированные алгоритмы случайного поиска

комбинация метода случайного поиска и какого-либо регулярного метода

Достоинства алгоритма:

1. простота учета конкретных конструкторско-технологических ограничений,
2. возможность проводить оптимизацию одновременно по нескольким показателям качества,
3. наличие типовых программ, обеспечивающих случайный поиск

Недостатки алгоритма:

1. требование одинаковых геометрических размеров размещаемых элементов (условие регулярности)
2. быстрый рост затрат машинного времени при повышении точности нахождения глобального экстремума целевой функции.

Вопрос 4 Итерационные алгоритмы

Вопрос 4 Итерационные алгоритмы

Основные этапы итерационных алгоритмов:

1. Преобразование очередного размещения.
2. Вычисление целевой функции размещения
3. Выбор наилучшего варианта размещения по п. 2.
4. Переход к следующей итерации и правило остановки.

Как правило, итерационный процесс заканчивается, как только разность значений целевой функции между (z-1) и z-й итерациями не превосходит некоторой заранее заданной величины ε:

$$\frac{F^{z-1} - F^{z}}{F^{z-1}} \leq \varepsilon \qquad F^{нач} > F^{(1)} > F^{(2)} > \ldots$$

4.1.1 Алгоритмы парных перестановок

а) выбирают первый по порядку КЭ,

б) меняют его местами со всеми остальными, рассчитывая для всех вариантов значение показателя качества.

в) сравнивают полученные результаты, включая и исходное размещение.

г) в качестве исходной принимают ту схему размещения, которой соответствует наилучшее значение целевой функции.

д) после того, как найдена наилучшее перестановка для 1-го модуля, аналогичную процедуру выполняют для 2. 3 … КЭ.

Достоинства:

1. алгоритм обладает быстрой сходимостью
2. алгоритм прост в программировании

4.1.2 Алгоритмы групповых перестановок

Возможен не только обмен двух КЭ, но и целых групп элементов.

Недостаток:

сложность вычисления приращений целевой функции не окупается точностью полученного размещения.

По экспертным данным эффект от циклических перестановок 3-х элементов и размещения полученного по алгоритму парных перестановок составляет всего лишь несколько процентов.

Достоинства:

перспективно использовать для улучшения качества размещения, полученного другими способами

4.2 Алгоритмы последовательной установки

Сущность:

в последовательном закреплении заданного набора конструктивных элементов на коммутационной плате относительно ранее установленных.

В качестве первоначально закрепленных на плате элементов обычно выбирают разъемы, которые искусственно «раздвигают» до краев платы

Основаны на допущении что для получения оптимального размещения необходимо в соседних позициях располагать элементы, максимально связанные друг с другом.

Возможно размещение разногабаритных (с кратными размерами) конструктивных элементов

4.2 Алгоритмы последовательной установки

Достоинство:

являются в настоящее время самыми быстро действующими.

Недостаток:

по качеству– хуже других итерационных.

4.3 Параллельные алгоритмы на основе метода обратного размещения

Суть:

выполняется предварительная оценка каждого размещенного элемента x_i и каждого места печатной платы t_i.

После этого элементы размещаются одновременно.

Пусть заданы матрица связей C и длин D:

$$C = \|c_{ij}\|_{n\times n} \qquad D = \|d_{ij}\|_{m\times m}$$

$$m \geq n$$

4.3 Параллельные алгоритмы на основе метода обратного размещения

Предварительно для каждого элемента x_i по матрицам C и D находим суммарное число связей этого элемента с остальными:

$$c_i = \sum_{j=1}^{n} c_{ij}, \quad i = 1,2 \ldots n$$

$$d_i = \sum_{j=1}^{m} d_{ij}, \quad i = 1,2 \ldots m$$

Позиции в центральной части платы имеют меньшее d_i чем на периферии, поэтому центральные позиции наиболее благоприятны для размещения элементов с большим значением c_i.

4.3 Параллельные алгоритмы на основе метода обратного размещения

1. Упорядочивают элементы по возрастанию характеристики c_i
2. Упорядочивают места печатной платы по убыванию характеристики d_i
3. Определяется размещение, где каждый соответствующий элемент c_i закрепляется за соответствующим местом d_i

4.3 Параллельные алгоритмы на основе метода обратного размещения

Пример

Задана монтажная плата

t1	t2	t3	t4	t5	t6

и матрицы связей и длин

$$C = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 2 & 8 & 9 & 4 \\ 2 & 0 & 1 & 10 & 5 & 6 \\ 2 & 1 & 0 & 3 & 4 & 7 \\ 8 & 10 & 3 & 0 & 7 & 8 \\ 9 & 5 & 4 & 7 & 0 & 11 \\ 4 & 6 & 7 & 8 & 11 & 0 \end{vmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

4.3 Параллельные алгоритмы на основе метода обратного размещения

Пример

$$C = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 2 & 8 & 9 & 4 \\ 2 & 0 & 1 & 10 & 5 & 6 \\ 2 & 1 & 0 & 3 & 4 & 7 \\ 8 & 10 & 3 & 0 & 7 & 8 \\ 9 & 5 & 4 & 7 & 0 & 11 \\ 4 & 6 & 7 & 8 & 11 & 0 \end{vmatrix}$$

$$C \Rightarrow \begin{matrix} C_1 = 25 \\ C_2 = 24 \\ C_3 = 17 \\ C_4 = 36 \\ C_5 = 36 \\ C_6 = 36 \end{matrix}$$

1) Ci = 3, 2, 1, 4, 5, 6

2) Di = 1, 6, 2, 5, 3, 4

3) Размещаем 3 элемент в 1 ячейке…

$3 \rightarrow 1,$

$2 \rightarrow 6,$

$1 \rightarrow 2,$

$4 \rightarrow 5,$

$5 \rightarrow 3,$

$6 \rightarrow 4.$

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$D \Rightarrow \begin{matrix} D_1 = 15 \\ D_2 = 11 \\ D_3 = 9 \\ D_4 = 9 \\ D_5 = 11 \\ D_6 = 15 \end{matrix}$$

Вопрос 5 Непрерывно-дискретные методы размещения

Задание фиксированного набора посадочных мест не обязательно. Размещение элементов осуществляется на непрерывной плоскости.

Представляют наибольший интерес для конструкций, содержащих разногабаритные элементы

(ППП + гибридные ИМС + дискретные элементы)

Задача размещения решается в два этапа:

1) определяют координаты местоположения центров элементов, при которых целевая функция F имеет экстремальное значение;
2) полученные координаты «округляются» в фиксированные целочисленные значения координатной сетки, нанесенной на поверхность коммутационной платы.

5.1 Алгоритмы, использующие градиентные методы

Решение задачи сводится к минимизации целевой функции F.

Так как целевая функция является многомерной, то градиент аналитически выражают в виде

Для нахождения минимального значения целевой функции F используют пошаговый градиентный метод. Движение по координатам осуществляют до тех пор, пока на очередной итерации частные производные не будут меньше некоторой фиксированной величины (погрешности).

5.1 Алгоритмы, использующие градиентные методы

Достоинства:

1) сравнительно небольшие затраты машинного времени на отыскание экстремума целевой функции,
2) наличие стандартных программ для решения данного класса задач

Недостатки:

1) возможность получения лишь локального экстремума;
2) низкая эффективность при пологом экстремуме, так как раньше времени приходим к условному решению;
3) большая неравномерность распределения элементов на плате до «округления» координат.

5.2 Алгоритмы, использующие динамические модели

Процесс размещения элементов на плате представляется механической моделью.

Элементы считаются материальными точками, на каждую из которых действуют силы притяжения и отталкивания.

Силы притяжения, действующие между любыми двумя материальными точками x_i и x_j пропорциональны числу электрических связей между данными конструктивными элементами.

Состояние равновесия такой системы соответствует минимуму суммарной длины всех соединений.

5.2 Алгоритмы, использующие динамические модели

Введение сил отталкивания материальных точек друг от друга и от границ платы исключает возможность слияния двух любых точек и способствует их равномерному распределению по поверхности монтажного поля.

Чтобы устранить возникновение в системе незатухающих колебаний, вводят силы сопротивления среды, пропорциональные скорости движения материальных точек.

Задача оптимального размещения элементов сводится к нахождению такого местоположения точек, при котором равнодействующие всех сил обращаются в нуль.

5.2 Алгоритмы, использующие динамические модели

Решение задачи осуществляют в три этапа:

1) используя критерий минимума суммарной взвешенной длины связей, производят размещение материальных точек на условном поле позиций без учета требования равномерности их распределения по поверхности и попадания точек в фиксированные позиции поля
2) на материальные точки начинают действовать силы притяжения и отталкивания. Под влиянием этих сил точки начинают перемещаться к положению равновесия системы, при котором обеспечивается приемлемая степень равномерности их размещения на поле позиций.
3) точки сдвигаются в фиксированные позиции платы при минимально возможных изменениях их

5.2 Алгоритмы, использующие динамические модели

Достоинства:

1) возможность получения глобального экстремума целевой функции,
2) наличие стандартных программ для решения данного класса задач

Недостатки:

1) трудоемкость метода и сложность его реализации (подбора коэффициентов для силовых связей);
2) необходимость фиксирования местоположения некоторого числа конструктивных элементов на плате для предотвращения большой неравно-мерности их размещения на отдельных участках платы

Метод удобен при размещении разногабаритных элементов

Вопрос 6 Особенности алгоритмов размещения при многоцелевой оптимизации модулей

6.1 Использования единого функционала

Используется единый функционал F, но каждому показателю качества Fi свой весовой коэффициент ki учитывающий его важность, а общий показатель эффективности представляют в виде взвешенной суммы (произведения) отдельных показателей.

Достоинство:

1) Возможность варьирования весовыми коэффициентами
2) Простота реализации на компьютере

Недостаток:

Трудность обоснования важности каждого показателя и значения конкретного значения весового коэффициента

6.2 Метод выбора ведущего показателя

использование принципа последовательной субоптимизации результатов, получаемых на каждом этапе поиска. Все показатели качества располагают в порядке важности и сначала отыскивают оптимальное решение по первому из них. Остальные показатели выступают в роли ограничений, затем определяют допустимую область в которой значение первого показателя отличается от оптимального на некоторую величину ε (на 5-10%) и в этой области ищут оптимальное решение по второму показателю и т.д.

Достоинство:

Возможность учета в виде списка ограничений большого числа различных требований, предъявляемых к конструкции ЭА

Недостаток:

Быстрый рост затрат машинного времени и объема памяти при расширении списка ограничений

6.3 Метод параллельной оптимизации по нескольким показателям

Заключается в оценке различных вариантов размещения одновременно по всем оптимизируемым показателям.

Качество полученного размещения оценивается с помощью функционала:

$$L = \sum_{i=1}^{n} k_i \frac{F_i^0 - F_i^s}{F_i^0}$$

где k_i — коэффициент, учитывающий важность *i*-го показателя, n – число показателей, F - соответственно, значение текущего показателя качества и базового.

Если L > 0, то новое размещение считают лучшим и принимают за базовое, в противном случае его отбрасывают как неудачное.

6.3 Метод параллельной оптимизации по нескольким показателям

Недостаток :

Большие затраты машинного времени

Достоинство :

Возможность получения действительно оптимального решения по всем выбранным критериям качества

Вопросы по прочитанному материалу?

Спасибо за внимание!