

личных постановках, оставляя отдельные виды хромосом неизменными в процессе генетического поиска.

Например, при фиксированных H_1 , H_2 искать оптимальное решение только лишь за счет изменения H_3 , т.е. типов разрезов (Н или V).

Очевидно, что фиксация отдельных хромосом в некоторой постановке приводит к сужению пространства поиска, но при этом возможна потеря оптимальных решений. В этой связи представляется целесообразным комбинирование отдельными постановками при поиске оптимального решения. В общем случае возможны три подхода к комбинированию постановок: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный. Комбинированный кроссинговер реализуется следующим образом. Сначала на выбранной родительской паре R_1 и R_2 реализуется кроссинговер K_1 , т.е. осуществляется обмен генами. Образуется дочерняя пара R_1' и R_2' . Далее эта пара рассматривается как родительская и к ней применяется кроссинговер K_2 , т.е. осуществляется обмен хромосомами. В результате последовательного применения к родительской паре R_1 и R_2 кроссинговеров K_1 и K_2 образуется дочерняя пара R_1'' и R_2'' .

Исследования показали, что при фиксированном значении управляющих параметров, трудоёмкость алгоритма имеет линейную зависимость и пропорциональна $O(N)$, где N – число блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Naveed Sherwani. Algorithms for VLSI physical design automation. Kluwer academic publishers. Boston /Dordrecht/ London. 1995.
2. K. Bazargan, S. Kim, and M. Sarrafzadeh, Nostradamus: a Floorplanner of Uncertain Designs.// IEEE Transaction on Computer Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 18, no.4, April 1999.
3. Лебедев В.Б. Планирование СБИС методом генетического поиска. // Известия ТРТУ. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". Таганрог: Изд-во ТРТУ. 1999. №3. С. 119-126.

УДК 621.3.06

В.А. Литвиненко, В.А. Калашников

АЛГОРИТМ АДАПТАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ОПЕРАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИК ГРАФА

Введение. Адаптация в технических системах - это способность системы изменять свое состояние и поведение (параметры, структуру, алгоритм, функционирование) в зависимости от условий внешней среды путем накопления и использования информации о ней [1]. Классификация методов адаптации рассмотрена в [1,2]. Одним из методов адаптации является априорная параметрическая адаптация, когда приспособление объекта адаптации к внешним условиям производится с помощью параметров адаптации, которые выбираются на основе заранее полученных адаптирующих воздействий, соответствующих внешним условиям [1,2].

В работе [8,10] рассмотрен состав адаптивного программного модуля проектной операции определения клик графа [3,4], построенного на основе библиотеки альтернативных программных модулей (ПМ), выбор которых осуществляется на

основе параметрической адаптации. Структурная схема программного модуля показана на рис.1.

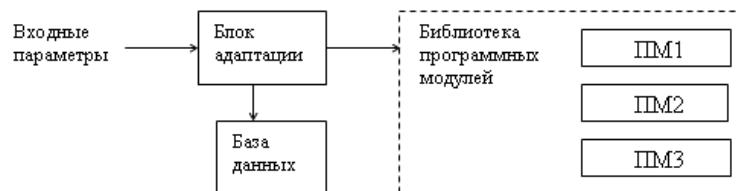


Рис.1

Входными параметрами являются: d – требуемая точность решения, t – ресурс времени, отведенный для выполнения проектной операции, n – число вершин графа, m – число ребер графа (размерность задачи).

Под точностью решения задачи определения клик графа понимается количество выделенных клик. Точное решение соответствует выделению всех клик графа [6-9].

ПМ1 и ПМ2 реализуют алгоритмы определения семейств клик графа, покрывающих соответственно все вершины и ребра графа [5], и предназначены для получения приближенных решений. ПМ3 реализует адаптивный алгоритм [7]. Адаптация алгоритма производится заданием целочисленного значения управляющему параметру, соответствующего получению решения определенной точности. При этом точность решения лежит в пределах от выделения всех клик графа – точного решения, до выделения клик графа, покрывающих все ребра графа.

Блок адаптации выполняет следующие функции:

- производит анализ входных данных;
- выбирает необходимые данные из базы данных;
- выбирает соответствующий программный модуль для выполнения проектной операции;
- задает значения параметрам для настройки выбранного алгоритма проектной операции;
- вырабатывает запрос для отложенного пополнения базы данных и выполняет его;
- распознает графы, критические для задачи определения клик графа – графы Муна-Мозера [4].

Анализ входных данных. Осуществляется с целью выбора ПМ, позволяющего получить наиболее точный результат при заданном ресурсе времени. В связи с этим установлен следующий приоритет выбора ПМ. Вначале анализируется возможность выбора ПМ3, который позволяет получить наиболее точное решение, затем – ПМ2, и последним – ПМ1, как наименее трудоемкого, но, в то же время, наименее точного. Выбор ПМ1 и задание значения параметру адаптации h выполняется на основе анализа таблицы Tab , хранящейся в базе данных (см. рис.1).

База данных. Таблица Tab представляет собой табличное задание семейства функций зависимости времени и точности решения от размерности графа (числа вершин и ребер графа) при фиксированных значениях параметра адаптации h : $T(n,m)$, $D(n,m)$ при $h=const$.

Графики зависимости получены для дискретных значений n и m . При этом n изменялось от 20 до 1000 с шагом 10, а m – от $n/100$ до $n(n-1)/2$ с шагом 20.

На уровне структуры данных таблица задается трехмерным динамическим массивом структур с различной размерностью строк, что позволяет вносить изменения в базу данных, при необходимости проведения дополнительных исследований. Каждый элемент массива представляет собой структуру с двумя полями: первое поле соответствует времени решения, а второе – точности, т.е. каждый элемент таблицы $Tab(i,j,k)$ имеет поля $Tab(i,j,k).T$ и $Tab(i,j,k).D$. Количество двумерных массивов равно наибольшему значению параметра h . Исследования алгоритма [8,11] показали, что диапазон значений параметра h от 1 до 9 для графов до 1000 вершин.

Алгоритм адаптации.

Обозначим:

$n1, m1$ - верхние значения числа вершин и ребер графа, по результатам исследования которых составлен массив Tab ;

d - требуемая точность решения (%);

t - ресурс времени, отведенный на решение задачи;

tr - ресурс времени, достаточный для получения точного решения при $n=1, m=m1$;

tm - ресурс времени при отсутствии ограничения на время решения задачи;

$t1$ - время выполнения модуля ПМ1;

$t2$ - время выполнения модуля ПМ2;

$t3$ - время выполнения модуля ПМ3;

ts - суммарное время выполнения нескольких итераций модулей;

l - счетчик количества итераций при выполнении модулей ПМ1 и ПМ2;

g – номер выполняемого модуля, $g=\{1,2,3\}$;

$q(i)$ - локальная степень вершины с номером i ;

$h1$ - количество двумерных массивов таблица Tab ;

Inf - информация о графе, которая может быть задана матрицей смежности или списком смежных вершин.

Сформулируем алгоритм адаптации.

1. Ввод данных: t, d – параметров, соответствующих условиям работы проектной операции, и n, m, Inf - размерность и структура графа. Переход к п.2.

2. Если $d=0$, то переход к п.13, иначе, если $t=tr$ и $d=100$, то $h=1$ и переход к п.7, иначе переход к п.3.

3. Если $100 \geq d > 30$, то переход к п.4, иначе переход к п.12.

4. Определить локальную степень $q(i)$ каждой i -ой вершины графа. Если для каждой i -ой вершины $q(i)=n-3$ и $n>100$, то переход к п.7, иначе переход к п.5.

5. Если $n \geq n1$ или $m \geq m1$, то формирование требования отложенного дополнительного исследования графа и, если $t=tm$, то $k=h1$ и переход к п.6., иначе, если $t < tr$, то переход к п.7. Если $n < n1$ или $m < m1$, то переход к п.9.

6. Выполнение ПМ3. Затем $k=1$ и выполнение ПМ3 до истечения ресурса времени, при этом переход к п.18.

7. Выполнение ПМ1. Если $t1 < t$, то выполнение ПМ2 до истечения ресурса времени, при этом переход к п.18. Задать $ts=t1+t2$. Если $ts < t$, то $k=h1$ и переход к п.8.

8. Выполнение ПМ3 до истечения ресурса времени, при этом переход к п.18. При выполнении ПМ3 до конца задать $ts=ts+t3$, и, если $ts < t$, то $k=k-1$ и, если $k=0$, то переход к п.18, иначе повторить п.8.

9. Определить индексы i и j элемента таблицы Tab , соответствующего n и m , задать $k = 1$ и переход к п.10.
10. Если элемент таблицы $Tab(i,j,k)$ такой, что $Tab(i,j,k).T \geq t$, то, если $d \geq Tab(i,j,k).D$, задать $h = k$, $g=3$ и переход к п.12, иначе переход к п.11.
11. Задать $k = k+1$. Если $k > h1$, то переход к п.13, иначе переход к п.10.
12. Выполнение ПМ3. Если $t > t3$, то задать $ts=t3$, $g=2$, $l=0$ и переход к п.14, иначе переход к п.18.
13. $ts=0$; $l=0$. Если $30 \geq d > 15$, то $g=2$ и переход к п.14, иначе $g=1$ и переход к п.15.
14. Выполнение ПМ2. $ts=ts+t2$ и переход к п.16.
15. Выполнение ПМ1. $ts=ts+t1$ и переход к п.16.
16. $l=l+1$. Если $t > (ts+ts/l)$, то переход к п.17, иначе переход к п.18.
17. Определение очередной подстановки исходного графа. Если $g=2$, то переход к п.9, иначе, если $g=1$, то переход к п.10.
18. Конец работы и передача управления проектной процедуре.

Рассмотрим работу алгоритма адаптации.

П.2 алгоритма выбирает ПМ1, если требуется получить решение с наименьшей точностью, а, если ресурс времени достаточно большой и необходимо определить все клики графа, то выбирает ПМ3, задав для него значение параметра, равным 1, что соответствует получению точного решения.

П.3 проверяет необходимую точность решения: в случае, если точность решения более 30%, то выбирается для выполнения ПМ3. Но вначале проверяется – не является ли граф графом Муна-Мозера (п.4), т.к. известно, что эти графы содержат экспоненциальное число клик, и, следовательно, являются наиболее критичными для задачи выделения клик графа. Для этого определяются локальные степени вершин графа и, если каждая вершина смежна с $n-3$ вершинами графа, то делается вывод, что граф соответствует графу Муна-Мозера. Проверка неточна, но позволяет выявить критичные графы. В этом случае процесс поиска клик направляется на получение вначале решения наименее точного, но и наименее трудоемкого, т.е. выбирается для выполнения ПМ1 (п.7). Затем, если ресурс времени не исчерпан, то выбирается модуль ПМ2, который выполняется до тех пор, пока не будет исчерпан ресурс времени. Если модуль ПМ2 все же будет выполнен, то выбирается модуль ПМ3 (п.6), при этом параметр адаптации выбирается так, чтобы обеспечить наименее трудоемкий процесс определения клик (п.7). Такая стратегия обусловлена тем, что проектная операция должна получить решение задачи.

П.5 проверяет – проводились ли исследования графов с количеством вершин и ребер, соответствующим заданному графу. В том случае, когда такие исследования не проводились и в базе данных отсутствует необходимая информация, то, если ресурс времени не ограничен, то вначале выбирается модуль ПМ3 и параметр адаптации задается таким, чтобы получить наименее трудоемкое решение. Затем устанавливается параметр адаптации так, чтобы получить точное решение, и процесс выполняется до истечения ресурса времени (п.6).

При этом (п.5) производится формирование требования отложенного дополнительного исследования графа, которое должно быть выполнено после завершения проектной процедуры или всего процесса проектирования. Если ресурс времени ограничен, то устанавливается стратегия такая же, как и в случае с графами Муна-Мозера (п.п.7,8), с тем отличием, что модуль ПМ3 может выполняться не-

сколько раз (п.8). При этом на каждой итерации требования к точности повышаются, если достаточно ресурса времени. Следует отметить, что по результатам такой стратегии можно пополнять базу данных.

П.п.9-12 предназначены для выбора из базы данных соответствующей информации о времени и возможной точности решения при различных значениях параметра адаптации модуля ПМ3 в зависимости от размерности графа. При этом выбирается наименьшее значение параметра адаптации, при котором возможно получить решение требуемой точности. Если после выполнения ПМ3 ресурс времени не будет исчерпан (п.12), то выбирается модуль ПМ2, многократное выполнение которого к различным подстановкам графа направлено на повышение точности решения.

П.п.13-17 предназначены для организации итерационного процесса определения семейств клик графа с помощью модулей ПМ1 и ПМ2, которые применяются к различным подстановкам исходного графа. Количество итераций ограничено ресурсом времени. Выбор для выполнения или модуля ПМ1, или ПМ2 зависит от требуемой точности. Исследования [8] показали, что ПМ2 целесообразно использовать для получения решений с точностью от 15 до 30%, а ПМ1 – для получения точности менее 15%. Переход к очередной итерации производится на основе прогноза времени выполнения следующей итерации.

Подстановки графа могут быть получены различными способами: случайной перестановкой вершин графа; перестановкой через одну, две или группами из нескольких вершин; упорядочения вершин графа по возрастанию или убыванию локальных степеней вершин; комбинацией этих способов. Для хранения клик графа и исключения повторы выделения одних и тех же клик используется двоичное дерево [8].

Заключение. Рассмотренный алгоритм адаптации не исчерпывает возможные методы выбора ПМ, а сама библиотека ПМ может быть расширена за счет включения в нее других ПМ, например ПМ, реализующий алгоритм Брона-Кербоша (алгоритм №457) [4], для которого в [9] предложена модификация, переводящая его в класс адаптивных алгоритмов. Для получения приближенных решений, помимо модулей ПМ1 и ПМ2, в библиотеку могут быть включены различные генетические алгоритмы определения клик графа.

Построение подобных библиотек альтернативных ПМ для других проектных операций и разработка соответствующих алгоритмов адаптации позволит в целом повысить эффективность программного обеспечения САПР за счет возможности получения с помощью одного и того же ПМ проектной операции решения различной требуемой точности, включая и точное решение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Растргин Л.А.* Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне, 1981. 375с.
2. *Лебедев Б.К.* Адаптация в САПР / Монография. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. 160с.
3. *Кристофидес Н.* Теория графов. Алгоритмический подход. / Пер. с англ. Под редакцией Г.Г. Гаврилова. М.: Мир, 1978. 432с.
4. *Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н.* Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. / Пер. с англ. Под ред. В.Б.Алексеева, М.:Мир, 1980. 476с.
5. *Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Курейчик В.М.* Применение графов для проектирования дискретных устройств. М.: Сов.радио, 1975. 224с.

6. *Литвиненко В.А.* Методы определения семейств клик графа / Методы и программы решения оптимизационных задач на графах и сетях. Часть 2. Теория, алгоритмы. Новосибирск. 1982. С.90-92.
7. *Калашников В.А., Литвиненко В.А.* К вопросу определения семейств клик графа. 30. Intern. Wiss. Koll. TH Ilmenau Vortragsreihe. 1985. С.41-44.
8. *Литвиненко В.А.* Адаптивные алгоритмы определения экстремальных множеств графов / Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000, №2(16). С.186-189.
9. *Литвиненко В.А., Зеленский Л.И., Белогородцев Р.А.* Исследование эффективности модифицированного алгоритма определения клик графа / Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». Материалы международной научно-технической конференции «ИСАПР». Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002, №3(26). С.204-205.