

Раздел II. Автоматизация проектирования

УДК 681.3.001.63

С.Н. Щеглов

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ РАЗБИЕНИЯ СБИС*

Рассматриваются методы исследования алгоритмов автоматизированного проектирования на примере задачи разбиения СБИС. Показаны цели исследования алгоритмов – определение оптимальных параметров, при которых алгоритмы находят глобальные или близкие к нему решения (максимумы) за минимальное время работы, а также доказательство их эффективности (оптимальности), по сравнению с аналогичными алгоритмами. Приведены этапы экспериментальных исследований. Перед началом экспериментов необходимо определить порядок их проведения, чтобы за счёт оптимального планирования с минимальными затратами получить всю информацию относительно объектов исследования.

Автоматизация проектирования; СБИС; алгоритм; оптимум; вычислительные эксперименты.

S.N. Shcheglov

RESEARCH OF ALGORITHMS OF THE AUTOMATED DESIGNING ON THE EXAMPLE OF THE PROBLEM OF SPLITTING VLSI

In article methods of research of algorithms of the automated designing on an example of a problem of splitting VLSI are considered. Research objectives of algorithms – definition of optimum parameters at which algorithms find decisions (maxima) global or close to it for the minimum operating time, and also the proof of their efficiency (optimality), in comparison with similar algorithms are shown. Stages of experimental researches are resulted. Before the beginning of experiments it is necessary to define an order of their carrying out that for the bill of optimum planning with the minimum expenses to receive all information concerning objects of research.

Designing automation; VLSI; algorithm; an optimum; computing experiments.

Введение. Особенностью проектирования СБИС является большая область поиска решения. По этой причине существует проблема, связанная с огромным числом возможных проектных решений, которые необходимо исследовать, чтобы выбрать решение, которое бы отвечало входным требованиям [1-3].

Задача разбиения при проектировании СБИС относится к классу NP-полных проблем. Из теории алгоритмов известно, что для задач класса NP не существует алгоритма, кроме алгоритма «полного перебора», который бы гарантировал нахождение глобального оптимума [1,2,5]. Поэтому большой класс разработанных к настоящему времени алгоритмов разбиения при проектировании СБИС основан на различных эвристиках, обеспечивающих получение решений за полиномиальное время. Основным недостатком этих алгоритмов является невысокое качество результатов из-за попадания в «локальные ямы», малая пригодность для задач большой размерности, плохая приспособленность для реализации на современных тех-

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 10-01-00115, № 10-01-90017-Бел_а), г/б № 2.1.2.1652.

нических средствах, отсутствие альтернатив. Одним из возможных методов решений этой проблемы является использование методов случайного направленного поиска, основанного на моделировании естественных процессов. К ним относятся бурно развивающиеся в последнее время методы поисковой адаптации на основе механизмов самоорганизации, генетического поиска и эволюционного развития [5-9].

В эволюционных алгоритмах задача сводится к изучению поведения фенотипа, процесс эволюции используется для изучения способности индивида адаптироваться в изменяющихся условиях. Помимо оптимальной с точки зрения задачи архитектуры, эффективность эволюционного поиска зависит от множества факторов. Их оптимальный выбор приводит к повышению скорости и устойчивости эволюционного поиска. Скорость эволюционного поиска определяется временем, необходимым для выполнения заданного пользователем критерия останова (достижения заданного числа итераций, качества популяции или сходимостью поиска). Устойчивость поиска определяется способностью постоянно повышать среднюю целевую функцию и преодолевать локальные оптимумы или «барьеры». В существующих алгоритмах выбор параметров алгоритмов эволюционного моделирования является произвольным, во многих задачах он определяется только интуицией пользователя или так называемым лицом, принимающим решение.

Цель экспериментального исследования. Целью исследования алгоритмов является определение оптимальных параметров, при которых алгоритмы находят глобальные или близкие к нему решения (максимумы) за минимальное время работы по сравнению с ПГА, а также доказательство их эффективности (оптимальности), по сравнению с аналогичными алгоритмами, что может быть доказано путём [3-8]:

- ◆ теоретического исследования, т.е. сравнения оценок временной сложности алгоритмов (BCA);
- ◆ экспериментального исследования, т.е. путём проведения экспериментов и сравнения полученных данных.

Алгоритм как объект разработки, с одной стороны, и средство решения некоторой задачи, с другой – является таким же предметом исследования как и те объекты, для работы с которыми он предназначен. С прикладной точки зрения пользователя интересуют следующие характеристики:

- ◆ какое качество решения может обеспечить алгоритм;
- ◆ сколько времени займет решение поставленной задачи.

Соответствующими характеристиками алгоритма являются его точность и вычислительная сложность [1-3].

Алгоритм называется точным, если на всех допустимых наборах входных данных задачи он обеспечивает получение оптимального решения, т.е.

$$(\forall i \in I) A(B_i) = opt ,$$

где A – алгоритм, B_i – i -й набор входных данных, $B = \{B_i / i \in I\}$ – множество всех допустимых наборов входных данных задачи.

Точное решение гарантированно может быть получено только с помощью методов полного перебора. Однако такие алгоритмы не применимы в реальных условиях.

Вычислительная сложность – физическое время реализации алгоритма при некотором наборе входных данных, которое можно определить по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^n Q_i t_i ,$$

где Q_i – количество операций i -го типа, выполняемых при решении задачи; t_i – время выполнений i -й операции; n – число типов операций. Для одного и того же алгоритма время T зависит от языка программирования и быстродействия конкретной ЭВМ. Если мы имеем такие оценки для нескольких алгоритмов решения некоторой задачи, реализованных на разных языках и предназначенных для использования на ЭВМ с неодинаковым быстродействием, то оценить сами алгоритмы будет затруднительно.

Можно принять за эталон некоторую элементарную операцию и, зная отношение времени выполнения остальных к эталонной $k_i = t_i / t_0$, определить суммарное количество условных эталонных операций

$$N_0 = \sum_{i=1}^n k_i Q_i$$

и общее время их реализации

$$T = N_0 t_0.$$

Объективная мера временной сложности алгоритма должна быть машинно- и программно-независимой. В качестве такой оценки можно использовать значение N выражения.

Кроме того, время реализации алгоритма является функцией размерности задачи. В общем случае размерность может характеризоваться массивом параметров, в частном – скаляром. В данной работе размерностью является массив – {число вершин графа; число его ребер; среднее значение локальной степени вершины}.

Пусть A – алгоритм решения некоторого класса задач, а n – размерность задачи этого класса. Вычислительная сложность алгоритма – это некоторая функция $f_A(n)$, отображающая размерность задачи в «математическое время» ее решения. Функция $f_A(n)$ должна давать оценку для максимального числа некоторых операций или шагов, которые должен выполнить алгоритм для решения любой задачи размерностью n . Эта функция является критерием качества алгоритма с точки зрения возможных временных затрат: эффективными являются полиномиальные алгоритмы, т.е. такие, у которых $f_A(n)$ растет не быстрее, чем полином от n [1,6].

Широко используется асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма типа $O(n)$. Эта оценка с точностью до константы – множителя элемента функции $f(n)$, имеющего наивысшую степень. Основанием для использования таких оценок является тот факт, что многие практические задачи имеют большую размерность.

Функцию $f(n)$ определяют как $O(\varphi(n))$ и говорят, что она порядка $\varphi(n)$, если

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f(n) / \varphi(n) = const.$$

Порядок $f(n)$ обозначают как $f(n) = O(\varphi(n))$.

Эффективность алгоритма определяется качеством получаемого в ходе его работы решения. В общем случае, эффективность определяется сравнением найденного решения с оптимальным [2].

Этапы экспериментальных исследований. Перед началом экспериментов необходимо определить порядок их проведения, чтобы за счёт оптимального планирования с минимальными затратами получить всю информацию относительно объектов исследования.

Для обеспечения объективности необходимо провести серию экспериментов, используя различные тестовые функции. Экспериментальные исследования состоят из следующих этапов:

- ◆ проведение серии экспериментов для фиксированных значений общих параметров и изменяемых дополнительных для каждого алгоритма;
- ◆ снятие экспериментальных данных и получение среднего значения целевой функции, являющейся результатом решения задачи при использовании конкретного алгоритма;
- ◆ определение параметров алгоритмов, при которых решение задачи наиболее оптимально и возможно.

Таким образом, для подтверждения теоретических оценок временной и пространственной сложности алгоритма необходимо:

- а) исследование зависимости быстродействия алгоритмов и требуемой памяти от размерности исходной схемы для решения многокритериальной задачи разбиения СБИС;
- б) исследование зависимости быстродействия алгоритмов и требуемой памяти от значения общих параметров генетического алгоритмов таких, как:
 - размер начальной популяции;
 - вероятность кроссинговера, вероятность мутации;
 - значение критерия останова вычисления оптимального решения (количество поколений);
- в) проведение серии экспериментов для блока модифицированных генетических операторов;
- г) проведение серии экспериментов при фиксированных значениях общих параметров алгоритмов;
- д) определение параметров алгоритмов, при которых решение задачи разбиения схем при проектировании СБИС наиболее оптимально, как по качеству решения, так и по времени его получения.

В заключение следует отметить, что для оценки эффективности программно-алгоритмического комплекса поддержки эволюционного моделирования, определяются закономерности сходимости процессов поиска решений, проводится анализ и определяются зависимости эффективности применения различных генетических операторов от внешних условий, даются рекомендации по эффективному применению разработанного программно-алгоритмического комплекса, а также предложения по его дальнейшему развитию и совершенствованию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.
2. *Казённов Г.Г.* Основы проектирования интегральных схем и систем [Текст] / Г.Г. Казённов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 295 с.
3. Интеллектуальные системы. Коллективная монография / Под редакцией В.М. Курейчика. – Вып.3. – М.: Физматлит, 2009. – 195 с.
4. *Курейчик В.В.* Композитные методы разбиения графовых моделей [Текст]: монография / В.В. Курейчик, П.В. Сороколетов. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 138 с.
5. *Гладков Л.А.* Интеллектуальные системы проектирования СБИС на основе эволюционных методов [Текст]: монография / Ю.А. Кравченко, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – 184 с.
6. *Курейчик В.В.* Эволюционные методы разбиения схем на основе адаптивных генетических процедур [Текст]: монография / В.В. Курейчик, А.А. Полупанов. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 160 с.
7. *Гладков Л.А.* Биоинспирированные методы в оптимизации. [Текст]: монография / В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, П.В. Сороколетов. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.

8. *Гладков Л.А.* Анализ и исследование эволюционных методов решения задач разбиения СБИС [Текст]: монография / Под ред. В.В. Курейчика – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 84 с.
9. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-24.

Щеглов Сергей Николаевич

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: leo@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8863371625.

Shcheglov Sergej Nikolatvich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: leo@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +7863371625.

УДК 519.87

М.В. Князева

МЕТОД ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Рассматривается сложная комбинаторная задача сетевого планирования с ограниченными ресурсами. Предлагаются два метода решения задачи с помощью алгоритма метода ветвей и границ. Приводится постановка задачи в классическом виде для метода ветвей и границ, а также вводятся дополнительные альтернативы, как способ представления работ на дереве поиска. Решается задача планирования проекта, состоящего из 10 работ, с ограничением на использование ресурса в единицу времени, и времени выполнения работ. Приводятся вычислительные результаты.

Сетевая модель; метод ветвей и границ; дополнительные альтернативы.

M.V. Knyazeva

A BRANCH-AND-BOUND PROCEDURE FOR SOLVING RESOURCE-CONSTRAINED PROJECT SCHEDULING PROBLEM

A complex combinatorial problem of resource-constrained project planning was considered by the means of branch-and-bound procedures. Two variants of decision a problem is suggested, either classical, or extension alternative is used for introducing nodes of the decision tree. A problem, consisting of 10 activities with one type of limited resource and durations of activities is viewed, and computational results are given.

Project scheduling problem; branch-and-bound algorithm; extension alternatives.

Введение. Часто при планировании проектов доступность ресурсов ограничена или они не имеются в достаточном количестве для выполнения работ, а достоверная оценка параметров сетевой модели является важной предпосылкой и предварительным условием для полноценного анализа модели. В своей основе сама идея сетевого планирования и управления проектами зависит от оценки таких основных параметров модели как время выполнения работ и количества ресурсов, требуемых для выполнения той или иной работы, и основывается на человеческих суждениях, оценках лиц, принимающих решения. С другой стороны, имеющиеся