

них границ путем составления для каждого конкретного узла расписания раннего начала. Следует отметить, что недостатком рассмотренных выше методов является значительное усложнение и укрупнение решения в случае крупных проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Blazewicz, J., J.K. Lenstra and A.H.G. Rinnooy Kan. Scheduling Subject to Resource Constraints: Classification and Complexity, Discrete Applied Mathematics, 5. – P. 11-24.*
2. *Demeulemeester, E.L., Herroelen W.S., Project Sheduling, a Research Handbook. Department of Applied Economics Katholieke Universiteit, Leuven Belgium, Kluwer Academic Publishers, 2002. – 685 p.*

Князева Маргарита Владимировна

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

E-mail: rituhaa@gmail.com.

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

Тел.: 88634371743.

Knyazeva Margarita Vladimirovna

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

E-mail: rituhaa@gmail.com

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371743.

УДК 621.3.06

Ю.О. Чернышев, В.А. Литвиненко, С.А. Ховансков, Е.В. Литвиненко

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ РЕШЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ*

В статье рассматриваются методы управления точностью решения экстремальных задач на графах, такие как: метод параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям выполнения алгоритма; метод использования простых алгоритмов к различным подстановкам исходного графа; метод использования набора альтернативных алгоритмов с различной точностью решения; метод управления точностью решения на основе библиотеки адаптивных алгоритмов. Предлагается модификация метода параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям, которая заключается в возможности выбора адаптирующих воздействий при выполнении алгоритма, а не только до начала выполнения алгоритма.

Графы; экстремальные задачи; алгоритмы; точность решения; адаптация; размерность задачи; ресурс времени; база данных; управление точностью.

U.O. Tchernyshev, V.A. Litvinenko, S.A. Hovanskov, E.V.Litvinenko

MANAGEMENT METHODS ACCURACY OF THE DECISION EXTREME PROBLEMS ON GRAPHS

In article management methods by accuracy of the decision extreme problems on graphs, such as are considered: a method of parametrical adaptation of algorithm to external conditions of performance of algorithm; a method of use of simple algorithms to various substitutions of the

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 10-01-00481-а), г/б № 2.1.2.1652.

initial count; a method of use of a set of alternative algorithms with various accuracy of the decision; a management method accuracy of the decision on the basis of library of adaptive algorithms. Updating of a method of parametrical adaptation of algorithm to external conditions which consists in possibility of a choice of adapting influences at algorithm performance, and not just prior to the beginning of algorithm performance is offered.

Graphs; extreme problems; algorithms; accuracy of the decision; adaptation; dimension of a problem; time resource; a database; management of accuracy.

Введение. К экстремальным задачам на графах относятся такие задачи, как определение клик графа, внутренне или внешне устойчивых множеств графа, выделение ядер графа, определение максимальных паросочетаний графа и другие задачи [1-3].

К решению экстремальных задач на графах сводятся большое количество практических задач из различных областей науки и техники, в частности, задачи конструкторского проектирования СБИС, например, [4]. Однако трудоемкость алгоритмов решения экстремальных задач на графах ограничивает их использование для задач, имеющих большую размерность.

Под точностью решения экстремальных задач на графах понимается мощность получаемого множества соответствующих экстремальных частей графа. Например, для задачи выделения клик графа – это мощность множества выделенных клик графа [1,2].

Анализ алгоритмов решения задач на графах, известных из отечественных и зарубежных источников [1-7], показывает, что все алгоритмы можно разделить на две группы: алгоритмы, позволяющие получать точное решение, и алгоритмы, позволяющие получать приближенное решение. Например, для задачи определения клик графа выделение всех клик графа – это получение точного решения. В этом случае точность решения будет составлять 100 %. А выделение только семейства клик графа – это получение приближенного решения, точность которого меньше 100 %. Чем меньше мощность множества выделенных экстремальных частей графа, тем меньше точность решения.

Использование точных алгоритмов ограничено их трудоемкостью, поскольку практически все экстремальные задачи на графах относятся к NP-трудным задачам. В свою очередь, приближенные алгоритмы позволяют получать решения только с точностью, определенной структурой этих алгоритмов.

Вместе с тем, решение практических задач, для решения которых используются алгоритмы определения экстремальных множеств графа, производится при различных внешних условиях выполнения алгоритма: размерности самой задачи, требуемой точности решения, ресурсу времени, отведенному на решение задачи. Кроме того, для решения задачи может выполняться на компьютерах с различным быстродействием.

Таким образом, возникает необходимость в разработке нового класса алгоритмов решения задач на графах, имеющих возможность адаптации к условиям решения практической задачи – адаптивных алгоритмов решения задач на графах с управляемой точностью решения, которые позволят обеспечить получение решений с заданной точностью, и, в том числе, получать точное решение.

Такая особенность адаптивных алгоритмов решения задач на графах с управляемой точностью является особенно важной при постоянно возрастающем быстродействии компьютеров и использованию суперкомпьютеров, так как позволит, не меняя сам алгоритм, а, следовательно, и его программное обеспечение, получить на используемом компьютере наиболее точное решение при заданной размерности графа и ресурсе времени, отведенном на решение задачи, и при этом, в отличие от приближенных алгоритмов, иметь принципиальную возможность получить точное решение задачи.

Таким образом, разработка методов управления точностью решения экстремальных задач на графах, позволяющая расширить область применения наиболее трудоемких экстремальных задач на графах, является актуальной задачей.

Методы управления точностью решения экстремальных задач на графах. Выделим следующие методы управления точностью решения экстремальных задач на графах:

- 1) метод параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям выполнения алгоритма;
- 2) метод использования простых алгоритмов к различным подстановкам исходного графа;
- 3) метод использования набора альтернативных алгоритмов с различной точностью решения;
- 4) метод управления точностью решения на основе библиотеки адаптивных алгоритмов.

Метод параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям выполнения алгоритма. 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 [8].

В [8-10] рассмотрена классификация методов адаптации. Одним из методов адаптации является параметрическая адаптация, при которой приспособление объекта адаптации к внешним условиям производится с помощью параметров адаптации, которые выбираются на основе заранее полученных адаптирующих воздействий, соответствующих внешним условиям [9].

Внешними условиями выполнения адаптивных алгоритмов решения экстремальных задач на графах могут быть, например, выбраны: требуемая точность решения, ресурс времени, отведенный на решение задачи, размерность самой задачи.

Поскольку экстремальные задачи на графах относятся к комбинаторно-логическим задачам – переборным задачам, то в качестве параметров адаптации, прежде всего, могут быть условия, ограничивающие перебор экстремальных частей графа, т.е. влияющие на количество выделяемых экстремальных частей графа.

Адаптирующими воздействиями, соответствующими внешним условиям, в этом случае, являются конкретные значения этих параметров адаптации.

Соответствие между адаптирующими воздействиями и значениями параметрами адаптации устанавливается на основе заранее проведенных исследований. Результаты этих исследований должны храниться в соответствующей базе данных или выбираться расчетным путем по эмпирическим формулам, полученным по результатам этих исследований.

На рис. 1 показана схема организации параметрической адаптации адаптивного алгоритма к внешним условиям. Внешними условиями для блока адаптации являются: d – требуемая точность решения; t – ресурс времени, отведенный для выполнения проектной операции; n – число вершин графа и m – число ребер графа (размерность задачи).

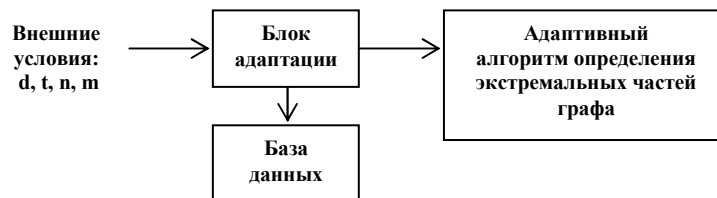


Рис. 1. Схема организация параметрической адаптации адаптивного алгоритма определения экстремальных частей графа

По существу, этот метод заключается в выборе блоком адаптации (см. рис. 1) значений одного или нескольких параметров выполнения алгоритма, влияющих на точность решения задачи выделения экстремальных частей графа, до начала выполнения алгоритма.

Для задачи выделения клик графа в [12,14] рассмотрены алгоритм, в котором для управления точностью решения используется параметр, который может принимать целочисленные значения от 1 до 5. Использование этого параметра основано на процедуре сокращения перебора полных подграфов графа в соответствие с теоремой [5]. При значении параметра, равного 1, алгоритм позволяет определить все клики графа, т.е. получить точное решение задачи. При других значениях параметра точность будет уменьшаться. Чем больше значение параметра, тем меньше будет точность решения. Наименьшая точность решения будет соответствовать количеству клик графа, которые можно выделить с помощью алгоритма определения семейства клик, покрывающих все ребра графа [3,6,11]. Исследование алгоритма для формирования базы данных приведено в [13].

Метод использования простых алгоритмов к различным подстановкам исходного графа. Под простым алгоритмом определения экстремальных частей графа будем понимать алгоритм с трудоемкостью $O(n^2)$ или $O(n^3)$, где n – количество вершин графа. Такие алгоритмы, по существу, являются приближенными алгоритмами, а выделение экстремальных частей графа определено структурой этих алгоритмов.

Простые алгоритмы могут использоваться многократно для выделения экстремальных частей графа для различных подстановок исходного графа (графов, изоморфных исходному графу). Различный порядок следования вершин графа при выделении экстремальных частей графа приводит к выделению нового множества экстремальных частей, среди которых могут оказаться экстремальные части, которые не были выделены на предыдущих итерациях. Задача состоит в том, чтобы распознать эти новые части, чтобы расширить ими окончательное решение.

Различные подстановки исходного графа могут быть получены, например, генерацией случайной подстановки, т.е. множества случайных значений от 1 до n и установления соответствия между этими значениями и номерами вершин исходного графа.

Управление точностью решения при использовании простых алгоритмов определения экстремальных множеств графа состоит в проведении соответствующего количества итераций. Чем больше проведено итераций, тем больше точность решения может быть получена. Процесс может быть остановлен, если исчерпан лимит времени, отведенный для решения задачи, или достигнута требуемая точность решения.

Например, для задачи выделения клик графа простыми алгоритмами выделения клик графа являются алгоритмы определения семейств клик графа, покрывающих все вершины или ребра графа [3,6,11]. Отметим, что семейство экстремальных частей графа – это подмножество экстремальных частей графа, обладающих определенным свойством. При использовании задачи определения клик графа, чаще всего необходимо определять именно такие семейства клик. Например, в задаче распределения цепей по слоям, когда вершины моделируют цепи, а ребро между двумя вершинами – возможность размещения в одном слое цепей, соответствующих этим вершинам.

Для алгоритмов выделения семейств клик графа, покрывающих все вершины или ребра графа [3,6], задача распознавания на каждой итерации новых клик графа решена с помощью использования бинарного дерева для организации хранения информации о кликах графа [11], включенных в окончательное множество выде-

ленных клик, и заменой процедуры проверки повторности выделения клики графа на процедуру записи выделенной клики в бинарное дерево.

Метод использования набора альтернативных алгоритмов с различной точностью решения. При этом методе управление точностью решения задач определения экстремальных частей графов происходит за счет выбора из набора альтернативных алгоритмов соответствующего алгоритма, позволяющего обеспечить необходимые требования к точности решения. Схема организация выбора альтернативного алгоритма показана на рис. 2.

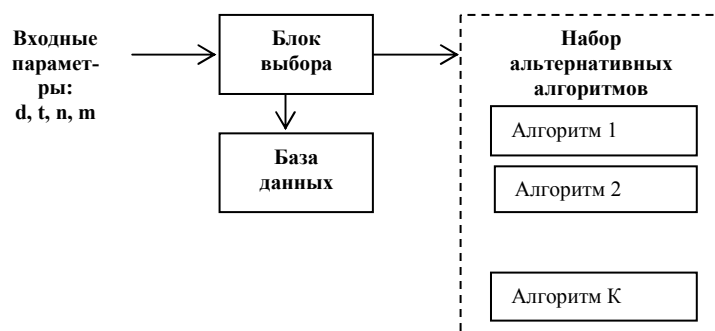


Рис. 2. Схема организация выбора альтернативного алгоритма

Блок выбора на основе анализа входных параметров и информации, хранящейся в базе данных, должен произвести выбор соответствующего алгоритма.

Метод управления точностью решения на основе библиотеки адаптивных алгоритмов. Схема адаптации и выбора адаптивного алгоритма показана на рис. 3.

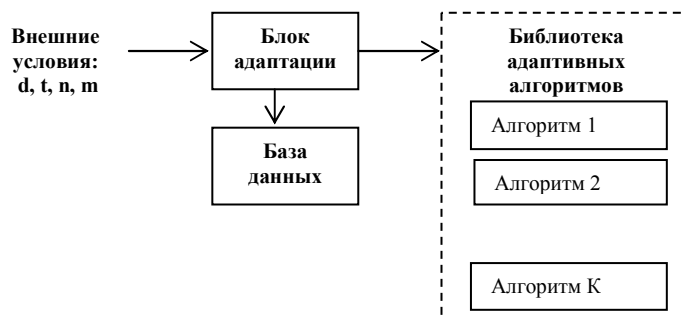


Рис. 3. Схема организация выбора альтернативного алгоритма

Блок адаптации (см. рис. 3), в отличие от блока выбора (см. рис. 2), на основе анализа внешних условий решения задачи и информации, хранящейся в базе данных, выбирает соответствующий адаптивный алгоритм и устанавливает для него значения параметров адаптации. Блок адаптации может иметь возможность неоднократного выбора одного из адаптивных алгоритмов. Например, в случае, когда выбранный на первом этапе блоком адаптации алгоритм закончил свою работу, а ресурс времени позволяет получить более точное решение. В этом случае блок адаптации может повторно выбрать адаптивный алгоритм и установить значения параметров адаптации для выделения экстремальных частей графа на втором этапе.

Для задачи определения клик графа в [12,14] рассмотрены адаптивные алгоритмы, включенные в состав библиотеки адаптивных алгоритмов. Алгоритм работы блока адаптации для задачи определения клик графа приведен в [15].

Модификация метода параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям. В настоящей работе для управления точностью решения экстремальных задач на графах предлагается также использовать модификацию метода параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям, которая заключается в возможности выбора адаптирующих воздействий при выполнении алгоритма, а не только до начала выполнения алгоритма.

Как отмечено выше, для задачи определения клик графа адаптирующее воздействие – это значение параметра, которым может ограничиваться перебор полных подграфов при поиске клик графа. Использование такого параметра адаптации основано на следующей теореме [5].

Пусть в графе $G = (X, U)$ имеется вершина $x \in X$ [$Gx \cup \{x\} = X$] и определена клика $L = (X'', U'')$ с множеством вершин $X'' = \{x\} \cup X'$, где $X' \subset X$. Тогда, если $\forall x_i \in C = X \setminus X''$ выделены все клики и $\forall x_j \in X'$ будут получены все клики.

Смысл теоремы в том, что, если для каждой вершины графа $x \in X$ эту теорему применить только один раз, то в этом случае будут выделены все клики графа. Если для каждой вершины графа $x \in X$ эту теорему применить два и более раз, то тогда будут определены не все клики графа, т.е. решение будет приближенным, точность которого будет зависеть от того, сколько раз применена теорема к одной вершине графа $x \in X$.

Применить теорему – это означает выделить клику графа и дальнейший перебор полных подграфов не производить для вершин, вошедших в эту клику. Таким образом, если λ – количество таких клик, то λ и есть параметр адаптации, а значение λ – адаптирующее воздействие.

При управлении точностью решения экстремальных задач на графах с помощью метода параметрической адаптации алгоритма к внешним условиям значение λ устанавливается один раз до начала выполнения алгоритма.

В предлагаемой модификации значение λ может меняться в процессе выполнения алгоритма.

В этом случае блок адаптации должен выполнять дополнительную функцию которая заключается в следующем. После определения всех клик, в которые входит вершина $x_i \in X$, очевидно, что размерность исследуемого графа уменьшилась на одну вершину. Следовательно, блок адаптации может провести заново выбор адаптирующего воздействия, поскольку изменились условия выполнения алгоритма – уменьшилась размерность задачи.

Для этого блок адаптации, зная ресурс времени, отведенный на решение задачи, и фактическое время, использованное на решение задачи к моменту выделения клик, в которые входит вершина $x_i \in X$, заново определяет адаптирующее воздействие – значение параметра λ . После этого выполнение адаптивного алгоритма продолжается с новым значением параметра адаптации λ .

Следует отметить, что значение параметра адаптации λ может, как уменьшаться, так и увеличиваться, т.е. точность решения может как увеличиваться, так и уменьшаться, что, в целом, позволит сделать процесс управления точностью решения более гибким.

Заключение. Рассмотренные методы управления точностью решения и применение адаптивных алгоритмов решения экстремальных задач на графах позволит:

- ◆ расширить область применения NP-трудных задач на графах за счет адаптации алгоритмов к условиям их выполнения и, тем самым, оптимизации вычислительных ресурсов компьютера, на котором выполняется задача;
- ◆ получать решение задач на графах с заданной точностью, включая точное решение;
- ◆ получать наиболее точное решение, которое возможно получить на данном компьютере при отведенном ресурсе времени и размерности графа;
- ◆ при увеличении быстродействия компьютеров использовать прежние методы решения практических задач без изменения математического и программного обеспечений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кристофидес Н.* Теория графов. Алгоритмический подход / Пер. с англ. под ред. Г.Г. Гаврилова. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
2. *Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н.* Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика / Пер. с англ. под ред. В.Б. Алексеева. – М.: Мир, 1980. – 476 с.
3. *Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Курейчик В.М.* Применение графов для проектирования дискретных устройств. – М.: Сов.радио, 1975. – 224 с.
4. *Литвиненко В.А.* Применение адаптивных алгоритмов определения экстремальных множеств графов при решении оптимизационных задач автоматизированного проектирования ЭВА // Известия ТРТУ. – 2001. – № 4 (22). – С. 361-362.
5. *Курейчик В.М., Литвиненко В.А.* Определение клик симметрического графа // Известия Северо-Кавказского научного центра высшей школы. Технические науки. – 1979. – №2. – С. 13-16.
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. *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.
8. *Растригин Л.А.* Адаптация сложных систем. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.
9. *Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б., Чернышев Ю.О.* Адаптация на основе самообучения / Монография. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГАСХМ ГОУ, 2005.
10. *Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б.* Поисковая адаптация. Теория и практика / Монография. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
11. *Калашиников В.А., Литвиненко В.А.* К вопросу определения семейств клик графа. 30. Intern. Wiss. Koll. TH Ilmenau Vortragsreihe. 1985. – С. 41-44.
12. *Литвиненко В.А.* Адаптивные алгоритмы определения экстремальных множеств графов // Известия ТРТУ. – 2000. – № 2 (16). – С. 186-189.
13. *Литвиненко В.А., Зеленский Л.И., Белгородцев Р.А.* Исследование эффективности модифицированного алгоритма определения клик графа // Известия ТРТУ. – 2002. – № 3 (26). – С. 204-205.
14. *Litvinenko V.A.* Adaptive algorithms of definition of extreme sets of graphs // Proceeding of the International Scientific Conferences «Intelligent System (IEEE AIS'03)» and «Intelligent CAD's (CAD-2003)». Scientific publication in 3 volumes. – 2003. – Vol. 3. – P. 52-59.
15. *Литвиненко В.А., Калашиников В.А.* Алгоритм адаптации проектной операции определения клик графа // Известия ТРТУ. – 2003. – № 2 (31). – С. 165-170.

Чернышев Юрий Олегович

Донской государственный технический университет.

E-mail: pmivt@rgashm.ru.

344023, г. Ростов-на-Дону, пл. Страна Советов, 1.

Тел.: 88632589136.

Литвиненко Василий Афанасьевич

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

E-mail: litv@tsure.ru.

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

Тел.: 88634371651.

Ховансков Сергей Андреевич

Тел.: +79185792173.

Литвиненко Егор Васильевич

Тел.: 88634360854.

Chernyshev Jury Olegovich

Don State Technical University.

E-mail: vencov@list.ru

1, Strana Sovetov street, Rostov-on-Don, 344023, Russia.

Phone: 88632589136.

Litvinenko Vasily Afanasievich

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

E-mail: litv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371651.

Hovanskov Sergey Andreevich

Phone: +79185792173.

Litvinenko Yegor Vasilievich

Phone: +78634360854.

УДК 681.3

Э.А. Гусейнова

**РАСЧЕТНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
«ИНЖЕНЕРНЫЙ СПРАВОЧНИК ДЛЯ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»***

Рассматривается общее назначение разрабатываемого электронного инженерного справочника, его роль в процессе автоматизированного проектирования. Приводится описание состава баз данных справочника, а также функционирующих в нем модулей. Описана методология использования электронного классификатора в процессе проектирования баз данных расчетно-информационной системы.

Информационное обеспечение САПР; инженерные данные; электронный инженерный справочник; база данных; электронный классификатор.

E.A. Guseynova

**DEVELOPMENT OF INFORMATION-COMPUTATIONAL SYSTEM
«ENGINEERING HANDBOOK FOR COMPUTER-AID DESIGN SYSTEMS»**

The general purpose electronic engineering handbook is considered in the article, its role in the process of computer-aided design. Description of database structure of engineering handbook

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 08-01-00473), г/б № 2.1.2.1652.