

## **Эвристические подходы решения задач дискретной комбинаторной оптимизации с использованием грид-систем на базе BOINC**

Существует большое количество задач, относящихся к области дискретной комбинаторной оптимизации, решение которых имеет важное теоретическое и прикладное значение. К ним относятся задачи в области теории графов (поиск гамильтоновых путей и циклов, раскраска графов, выделение клик и пр.), исследования операций (например, поиск расписаний различного вида). Данные задачи возникают при перечислении комбинаторных объектов (например, построение множеств с заданными свойствами, поиск латинских квадратов и пр.), при проектировании электронных устройств с использованием различных САПРов (например, при распараллеливании вычислений, при проектировании однородных многомодульных систем логического управления). Получение оптимальных решений для большинства практически важных случаев невозможно, поэтому для их решения применяются различные эвристические подходы, обычно не гарантирующие получение оптимальных решений, однако как правило обеспечивающие получение решений приемлемого качества. К ним относятся вариации случайного перебора, биоинспирированные подходы (например, муравьиный и пчелиный), метод имитации отжига, генетические и эволюционные подходы, вариации перебора с ограничениями. Для большинства задач нахождение субоптимальных решений приемлемого качества требует существенных затрат вычислительного времени, поэтому при их практической реализации возникает необходимость либо в разработке высокоэффективных параллельных программных реализаций, ориентированных на использование вычислительных кластеров/суперкомпьютеров или грид-систем в зависимости от специфики задачи, или в переносе части наиболее трудоемких операций на аппаратный уровень путем разработки специализированного вычислителя, жестко ориентированного на решение указанной задачи или узкого круга задач.

В докладе планируется освещение вопросов, связанных с решением следующих задач:

- сопоставление качества разбиений граф-схем параллельных алгоритмов логического управления при проектировании систем логического управления в базисе логических мультиконтроллеров в зависимости от силы технологических ограничений и размерности задачи [1–9];
- сравнение качества решений итерационных эвристических методов [10–16] в задаче поиска кратчайшего пути в графе в зависимости от плотности графа и размерности задачи;
- оценка особенностей применения жадных методов при построении расписаний [17–18];
- использование эвристик при решении задач на существование решения путем их сведения к задачам дискретной комбинаторной оптимизации на примере задач построения латинских квадратов [19] и эвристической проверки пары графов на изоморфизм [20];
- метаоптимизация различных эвристических методов на примере решения задач дискретной комбинаторной оптимизации [12, 13, 15, 19].

Указанные задачи являются слабо связанными, что допускает эффективное использование для их решения грид систем, наиболее крупной из которых является BOINC, характеризующаяся интегральной реальной производительностью порядка 7–8 PFLOP/s.

### Библиографический список

1. Ватутин Э.И., Титов В.С. Сравнение методов синтеза разбиений параллельных алгоритмов логического управления с использованием двухпараметрических диаграмм // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2012). Курск: изд-во ЮЗГУ, 2012. С. 138–140.
2. Ватутин Э.И., Титов В.С. Сравнение методов синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов с использованием двумерных диаграмм // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск, изд-во ЮЗГУ, 2012. № 3 (42), 2012. С. 66–74.
3. Ватутин Э.И., Титов В.С. Использование добровольных распределенных вычислений на платформе BOINC для анализа качества разбиений граф-схем параллельных алгоритмов // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'12). М.: ИПУ РАН, 2012. Т. 2. С. 37–54.
4. Ватутин Э.И., Титов В.С. Структурно-параметрическая оптимизация систем логического управления с использованием добровольных распределенных вычислений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2. Ч. 1. С. 12–17.
5. Vatutin E.I., Titov V.S. Voluntary distributed computing for solving discrete combinatorial optimization problems using Gerasim@home project // Distributed computing and grid-technologies in science and education: book of abstracts of the 6th international conference. Dubna: JINR, 2014. p. 60–61
6. Ватутин Э.И., Колясников Д.В., Титов В.С. Анализ результатов применения метода случайного перебора в задаче поиска разбиений граф-схем параллельных алгоритмов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. № 12 (161). С. 102–110.
7. Ватутин Э.И., Титов В.С. Анализ областей качественного превосходства последовательных эвристических методов синтеза разбиений при проектировании логических мультиконтроллеров // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 2. С. 115–122. DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-2-115-122.
8. Титов В.С., Ватутин Э.И., Валяев С.Ю., Андреев А.Л. Анализ вероятности получения субоптимальных решений при использовании смежной жадной стратегии синтеза разбиений // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2015). Курск, 2015. С. 363–365.
9. Vatutin E.I., Valyaev S.Yu., Titov V.S. Comparison of Sequential Methods for Getting Separations of Parallel Logic Control Algorithms Using Volunteer Computing // BOINC FAST 2015. Accepted for publication
10. Дремов Е.Н., Ватутин Э.И. Сравнение качества решений методов поиска кратчайшего пути в графе // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2013). Курск, изд-во ЮЗГУ, 2013. С. 249–251.
11. Ватутин Э.И., Мартынов И.А., Титов В.С. Способ обхода тупиков при решении задач дискретной оптимизации с ограничениями // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2014). Самара: изд-во Самарского научного центра РАН, 2014. С. 313–317.
12. Ватутин Э.И., Дремов Е.Н., Мартынов И.А., Титов В.С. Метод взвешенного случайного перебора для решения задач дискретной комбинаторной оптимизации // Известия ВолГТУ. Серия: Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. № 10 (137). Вып. 9. 2014. С. 59–64.

13. Ватутин Э.И., Титов В.С. Анализ результатов применения алгоритма муравьиной колонии в задаче поиска пути в графе при наличии ограничений // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. № 12 (161). С. 111–120.
14. Ватутин Э.И., Мартынов И.А., Титов В.С. Анализ результатов использования метода перебора с ограничением глубины в задаче поиска кратчайшего пути в графе // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов (МППОС'15). Барнаул, 2015. С. 120–128.
15. Ватутин Э.И., Титов В.С. Параметрическая оптимизация алгоритма имитации отжига на примере решения задачи поиска кратчайшего пути в графе // Вестник ЧГУ, Череповец, принята к опубликованию
16. Ватутин Э.И., Титов В.С. Об одном подходе к использованию алгоритма муравьиной колонии при решении задач дискретной комбинаторной оптимизации // Интеллект 2015, Тула, принята к опубликованию
17. Ватутин Э.И., Романченко А.С., Титов В.С. Исследование влияния порядка рассмотрения пар на качество расписаний при использовании жадного подхода // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 1 (46). С. 58–64. ISSN 2223–1560
18. Ватутин Э.И., Бобынцев Д.О., Романченко А.С. Исследование влияния частичного упорядочивания пар и локального улучшения окрестности пары на качество расписаний при использовании жадного подхода // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2014. № 1. С. 8–16.
19. Ватутин Э.И., Журавлев А.Д., Заикин О.С., Титов В.С. Особенности использования взвешивающих эвристик в задаче поиска диагональных латинских квадратов // Известия ЮЗГУ. Принята к опубликованию
20. Ватутин Э.И. Эвристический подход к распознаванию изоморфизма графов // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2015). Курск, 2015. С. 80–83.