



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФИЦ ИУ РАН,  
академик РАН  
Соколов И.А.

« 22 » сентября 2017 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»

Диссертация «Понижение размерности для больших задач с разреженными матрицами» выполнена в отделе сложных систем Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук».

В период подготовки диссертации с 01.11.11 г. по 01.09.14 г. Д.В. Лемтюжникова – аспирант без отрыва от производства Таврического Национального Университета им. В.И.Вернадского (после вхождения Крыма в состав РФ – «Таврическая академия» в составе Крымского Федерального Университета), а с 15.09.14 г. по 14.09.15 г. – аспирант ВЦ РАН, который с 29.05.15 г. входит в состав ФИЦ ИУ РАН.

В 2010 г. Д.В. Лемтюжникова окончила с отличием магистратуру факультета математики и информатики Таврического Национального Университета им. В.И.Вернадского (после вхождения Крыма в состав РФ – «Таврическая академия» в составе Крымского Федерального Университета).

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, профессор, Цурков Владимир Иванович. Основное место работы - Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, заведующий отделом сложных систем.

По итогам обсуждения диссертации «Понижение размерности для больших задач с разреженными матрицами» **принято следующее заключение:**

**Тема диссертации является актуальной**, поскольку разреженные матрицы появляются при постановке задач из многих научных и инженерных областей. Эффективные методы хранения и обработки таких матриц в современных вычислительных системах вызывают интерес у широкого круга исследователей. Одним из актуальных приложений разреженных матриц является решение соответствующих задач дискретной оптимизации (ДО). ДО является эффективным инструментом для моделирования многих практических задач. Это касается таких известных постановок: размещение объектов, планирование ресурсов, покрытие поверхностей, сетевая оптимизация, маршрутизация, логистика, теория расписаний, искусственный

интеллект, анализ данных, робототехника и т. п. Выделение специальных структур в разреженных матрицах позволяют существенно сократить время решения.

**Основной целью** исследования является выявление закономерностей в больших данных, в качестве которых выступают разреженные матрицы. Для этого также необходимо выполнить следующие задачи: повышение эффективности алгоритма для решения задач, соответствующих матрицам, выделение класса задач, для которых применим метод, его ускорение, а также возможности решения задач большой размерности путём распараллеливания.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Получены системы неравенств для блочно–лестничной и блочно–древовидных структур в общем виде, а также относительно нескольких классов разреженных матриц, которые устанавливают зависимость между степенью квазиблочной структуры и числом её блоков в зависимости от размерности матрицы и числа ненулевых элементов в ней.
2. Разработаны алгоритмы выделения квазиблочной структуры для разреженных матриц.
3. В рамках теории локальных элиминационных алгоритмов введены новые понятия, а также обоснована зависимость между графовыми структурами в связи с проблемой оптимального порядка элиминации.
4. Разработаны модификации локального элиминационного алгоритма (ЛЭА).
5. Осуществлено распараллеливание больших задач ДО с матрицей квазиблочной структуры на системе GRID.

**Научная новизна.** В данной работе впервые сформулированы и доказаны теоремы, устанавливающие связь между параметрами матрицы и соответствующей квазиблочной структуры. Также впервые исследованы и реализованы методы выделения квазиблочной структуры для разреженных матриц. Использован алгоритм перемешивания строк и столбцов в матрице для поиска квазиблочных структур в разреженных матрицах, который практически не применялся ранее и автору неизвестны попытки его программной реализации. Введены понятия и доказаны свойства графовых структур, соответствующих порядку элиминации. Соответствующие теоремы дают основу доказательства важных свойств в проблеме нахождения оптимального исключения переменных. Протестировано влияние порядка элиминации на скорость ЛЭА. Впервые предложен и реализован ряд модификаций ЛЭА для разреженных задач ДО с квазиблочной структурой. Реализовано распараллеливание задач с квазиблочной структурой на GRID.

**Научная и практическая значимость.** В данной работе разработана техника понижения размерности больших разреженных матриц и соответствующих задач ДО. Исследование окрестностей переменных, определение декомпозиции задач с квазиблочной структурой, модификации локального элиминационного алгоритма и его распараллеливание продолжают ряд исследований Ю.И.Журавлёва,

Ю.Ю.Финкельштейна, В.И.Цуркова, О.А.Щербины. Разработанные методы позволяют получить решение задачи ДО большой размерности за приемлемое время.

**Связь с плановыми научными исследованиями.** Работа выполнена в рамках грантов Российского фонда фундаментальных исследований:

- № 12-01-91162-ГФЕН\_а Изучение новых оптимизационных задач большой размерности,
- № 12-01-00893-а Лагранжевы методы в целочисленных задачах большой размерности: улучшенные лагранжевы оценки и использование неоптимальных двойственных решений,
- № 12-07-00778-а Разработка параллельных алгоритмов и реализация программного обеспечения для распределенной среды по обработке высокоскоростных потоков графической информации для выделения из нее фрагментов имеющих характерные признаки,
- № 13-01-00866-а Понижение размерности в многомерных задачах оптимизации и управления,
- № 14-01-00348 Декомпозиционный алгоритм для оптимизационных задач распределения целей при эффективной стрельбе,
- № 16-51-55019 Метод обобщенной разреженной оптимизации для распознавания сложных ригидных объектов на изображениях и в видеопотоке,
- № 16-51-53093 Разработка эффективных алгоритмов решения специальных задач оптимизации и приложений,

**Степень достоверности** полученных результатов подтверждается проработкой литературных источников по теме диссертации, реализованной постановкой необходимого количества численных расчётов, а также современной методикой исследования, которые соответствуют поставленным в работе целям и задачам. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими данными, наглядно представленными в приведенных таблицах и рисунках. Подготовка полученных результатов проведена с использованием современных программных средств.

**Материалы диссертации опубликованы автором достаточно полно** в 20 печатных изданиях, 8 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК РФ [1, 7, 12, 14, 16-19]:

1. Лемтюжникова Д. В., Щербина О. А. Некоторые аспекты распараллеливания локального элиминационного алгоритма // Таврический вестник информатики и математики. 2012. Т. 1. С. 56–65.
2. Лемтюжникова Д. В., Щербина О. А. Локальный элиминационный алгоритм и параллельные вычисления // Материалы X Международной конференции [«Интеллектуальные системы и компьютерные науки»](Москва, 5–10 декабря). М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. С. 357–360.
3. Лемтюжникова Д. В., Щербина О. А. Распараллеливание локального элиминационного алгоритма в блочных задачах дискретной оптимизации //

- Материалы V Международной конференции [«Танаевские чтения»] (Минск, 28–29 марта). Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2012. С. 55–60.
4. Лемтюжникова Д. В., Свириденко А. В. Вычислительные аспекты реализации локального элиминационного алгоритма для разреженных задач дискретной оптимизации // Материалы XIX Международной конференции [«Ломоносов 2012»] (Москва, 9–13 апреля) / под ред. А.И. Андреева, А.В. Андриянова, Е.А. Антипова [и др.]. М.: МАКС Пресс, 2012. URL: [http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2012/1793/45987\\_4cse.pdf](http://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2012/1793/45987_4cse.pdf).
  5. Лемтюжникова Д. В., Щербина О. А. Некоторые аспекты распараллеливания локального элиминационного алгоритма для задач дискретной оптимизации // Материалы V Всероссийской конференции [«Проблемы оптимизации и экономические приложения»] (Омск, 02–06 июля). 2012. с. 145.
  6. Lemtyuzhnikova D., Shcherbina O. Parallel Local Elimination Algorithms for Sparse Discrete Optimization Problems // 12th International Conference ["Parallel Problem Solving From Nature (PPSN)"] (Taormina, 1–5 September). 2012. URL: <http://neo.lcc.uma.es/workshops/PPSN2012/papers/p2.pdf>.
  7. Лемтюжникова Д. В., Свириденко А. В., Щербина О. А. Алгоритм выделения блочно–древовидной структуры в разреженных задачах дискретной оптимизации // Таврический вестник информатики и математики. 2012. Т. 1. С. 44–55.
  8. Lemtyuzhnikova D., Shcherbina O. Parallel Local Elimination Algorithms for Sparse Discrete Optimization Problems. 2012. URL: <http://neo.lcc.uma.es/workshops/PPSN2012/papers/p2.pdf>.
  9. Lemtyuzhnikova D., Sviridenko A., Shcherbina O. On local elimination algorithms for sparse discrete optimization problems // IV International Conference [Problems of Cybernetics and Informatics (PCI)], (Baku, 12–14 September). 2012. P. 1–4.
  10. Lemtyuzhnikova D., Sviridenko A., Shcherbina O. On improvement of local algorithms for discrete optimization problems // IV International Conference on Optimization Methods and Applications ["Optimization and applications"(OPTIMA–2013)](Montenegro, September 22–28) / Ed. by V. Malkova. 2013. P. 106–107.
  11. Лемтюжникова Д. В., Свириденко А., Щербина О. А. Стратегии повышения эффективности локального элиминационного алгоритма // Материалы Международной конференции [«Современная информатика: проблемы, достижения, и перспективы развития»], (Киев, 12–13 сентября). К: Институт кибернетики имени В.М.Глушкова НАН Украины, 2013. с. 8.
  12. Лемтюжникова Д. В., Щербина О. А. Локальный элиминационный алгоритм и параллельные вычисления // Интеллектуальные системы. 2013. Т. 17, No 1–4. С. 490–494
  13. Лемтюжникова Д. В. Параллельное представление локального элиминационного алгоритма для решения разреженных задач дискретной оптимизации // Материалы 6–й международной конференции «Распределенные вычисления и Грид–технологии в науке и образовании», (Дубна, 30 июня – 5 июля). 2014.
  14. Лемтюжникова Д. В. Параллельное представление локального элиминационного алгоритма для решения разреженных задач дискретной оптимизации // Компьютерные исследования и моделирование. 2015. Т. 7, No 3. С. 680–686.
  15. Лемтюжникова Д. В. Модификация локального элиминационного алгоритма для эффективного решения больших разреженных задач дискретной оптимизации // Математические методы распознавания образов: 17–ая Всеросс. конф. М.: Торус, 2015. С. 108–109.

16. Д. В. Лемтюжникова Д.В. Ковков. Декомпозиция в многомерных задачах с разреженными матрицами // Известия РАН: Теория систем и управления. 2018. No 1.
17. Д. В. Лемтюжникова Д.В. Ковков. Тестирование алгоритмов для целочисленных квазиблочных задач оптимизации // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана, серия Информационные технологии. 2017. No 6
18. Д. В. Лемтюжникова Д.В. Ковков. Задачи дискретной оптимизации с квазиблочными матрицами // International Journal of Open Information Technologies. 2017. No 8.
19. Д. В. Лемтюжникова В.В. Волошинов В.И. Цурков. Распараллеливание на grid задач дискретной оптимизации с матрицами квазиблочной структуры // Известия РАН: Теория систем и управления. 2017. No 6.
20. Лемтюжникова Д. В. Декомпозиция разреженных матриц в задачах целочисленного программирования // Математические методы распознавания образов: 19-ая Всеросс. конф. М.: Торус, 2017. С. 56–57.

**Личный вклад.** Автор составил обзор по разреженным матрицам, исследовал их особенности и сформулировал ряд теорем, устанавливающих связь между матрицей и соответствующей квазиблочной структурой. Были исследованы алгоритм выделения квазиблочной структуры, предложил и реализовал его модификации. Автор составил обзор по декомпозиционным методам, а также сформулировал ряд понятий и доказал свойства графовых структур, соответствующих порядку элиминации и протестировано его влияние на скорость локального элиминационного алгоритма. Автором были разработаны модификации локального элиминационного алгоритма, осуществлена параллельная модификация ЛЭА была выполнена на GRID.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на конференциях:

1. X Международная конференция "Интеллектуальные системы и компьютерные науки" (Москва, 5–10 декабря 2011 г.).
2. V Международная конференция "Танаевские чтения" (Минск, 28–29 марта 2012 г.).
3. XVIII Международная конференция "Ломоносов 2012" (Москва, 9–13 апреля 2012 г.).
4. IV Международная конференция "Problems of Cybernetics and Informatics (PCI)" (Баку, 12–14 сентября 2012 г.).
5. V Всероссийская конференция "Проблемы оптимизации и экономические приложения" (Омск, 02–06 июля 2012 г.).
6. VI Международная конференция "Distributed Computing and Grid--technologies in Science and Education" (Europe/Moscow, 30 июня – 5 июля 2014).
7. 17-ая Всероссийская конференция (Светлогорск, 19–23 сентября, 2015).
8. 18-ая Всероссийская конференция (Таганрог, 9–13 октября, 2017).

Также результаты были изложены на семинарах: в Сколково, на мехмате МГУ, в ФИЦ ИУ РАН, ИППИ РАН и др.

**Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.17 - теоретическая информатика.**

Диссертация «Понижение размерности для больших задач с разреженными матрицами» **Лемтюжиной Дарьи Владимировны** рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности **05.13.17 - теоретическая информатика.**

Заключение принято единогласно на заседании семинара отдела сложных систем «Федерального государственного учреждения «Информатика и управление» Российской академии наук». Присутствовало на заседании 15 человек. Результаты голосования: «за» - 15 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет. Протокол № 5 от 19 сентября 2017 г.

  
\_\_\_\_\_

Гурченков Анатолий Андреевич  
д.ф.-м.н., в.н.с.