

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.417.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 18 июня 2024 года № 6

О присуждении **Лебедеву Артему Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и средства распараллеливания программ линейного класса для выполнения на многопроцессорных вычислительных системах» по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей принята к защите 12 апреля 2024 года (протокол № 5) диссертационным советом 24.2.417.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России (300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92), приказ о создании диссертационного совета №384/нк от 29 июля 2013 года.

Соискатель Лебедев Артем Сергеевич, 08 июля 1989 года рождения. В 2012 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева». В 2015 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева». Работает в должности старшего преподавателя на кафедре КБ-14 «Цифровые технологии обработки данных» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет».

Диссертация выполнена в ФГБУН Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, лаборатория № 4 «Информационные технологии технических систем» Минобрнауки России.

Научный руководитель — кандидат технических наук **Солодовников Владимир Игоревич**, ФГБУН Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, г. Одинцово, Московская область, директор.

Официальные оппоненты:

ПОРТНОВ Евгений Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Институт системной и программной инженерии и информационных технологий, профессор;

ЛЕВЧЕНКО Вадим Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», отдел № 3 «Моделирование нелинейных процессов», г. Москва, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров», г. Таганрог, — в своем положительном отзыве, подписанном начальником отдела математического и алгоритмического обеспечения д.т.н. Дордопуло А.И., заведующим сектором синтезаторов отдела математического и алгоритмического обеспечения к.т.н. Гуленком А.А., заведующим сектором трансляторов отдела математического и алгоритмического обеспечения к.т.н. Гудковым В.А. и утвержденном директором д.т.н., проф. Левиным И.И., указала, что диссертация Лебедева А.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке методов нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса, обеспечивающих локальность использования данных при их параллельном выполнении на многопроцессорных вычислительных системах, отвечает критериям научной новизны и соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ и паспорту научной специальности 2.3.5, а ее автор, Лебедев Артем Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации общим объемом 11,5 п.л., авторский вклад 9,9 п.л., 7 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, 2 — в сборниках трудов конференций, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 — в иных сборниках тезисов докладов. Зарегистрированы 2 программы для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Лебедев, А. С. Организация информационного обмена между параллельными процессами при автоматическом распараллеливании линейных программ для кластерных систем с применением модели многогранников [Электронный ресурс] / А. С. Лебедев // Программные системы: теория и приложения. — 2017. — Т. 8, 4 (35). — С. 3—20. — URL: https://psta.psiras.ru/read/psta2017_4_3-20.pdf.

2. Лебедев, А. С. Система автоматического распараллеливания линейных программ для машин с общей и распределенной памятью [Электронный ресурс] / А. С. Лебедев, Ш. Г. Магомедов // Российский технологический журнал. — 2019. — Т. 7, № 5. — С. 7—19. — URL: <https://www.rty-mirea.ru/jour/article/view/168>.

3. Лебедев, А. С. Трансляция программ линейного класса для параллельного выполнения на универсальных многоядерных процессорах [Текст] / А. С. Лебедев, В. И. Солодовников // Труды Института системного анализа Российской академии наук. — 2023. — Т. 73, № 4. — С. 36—47.

4. Лебедев, А. С. Трансляция программ линейного класса для параллельного выполнения на системах с распределенной памятью [Текст] / А.С. Лебедев // Системы высокой доступности. — 2023. — Т. 19, № 3. — С. 35—47.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов из следующих организаций:

1. Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.
2. ФГБУН Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН, г. Хабаровск.
3. ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.
4. ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН», г. Москва.
5. ФГБУН Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН, г. Москва.
6. ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва.
7. Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва.
8. МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, г. Москва.
9. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, практическая значимость работы. Отзывы содержат ряд замечаний, основные из которых сводятся к следующим:

- не рассмотрены затраты по времени, необходимые для нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса (ИПУ РАН, ИСП РАН, МАИ);

- недостаточно подробно рассмотрены механизмы постобработки программного кода после трансформаций в модели многогранников (МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИСА РАН);

- в автореферате не приводятся ограничения на размерность решаемых в рамках реализации разработанных методов задач линейного целочисленного программирования (МСЦ РАН);

- из автореферата неясно, каким образом аффинные отображения программ линейного класса соотносятся с классическими преобразованиями циклов (расщепление, слияние, переиндексирование) (ВЦ ДВО РАН).

На замечания соискателем даны исчерпывающие ответы и пояснения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в рассматриваемой отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Согласие на оппонирование диссертации от ведущей организации и оппонентов имеется.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проанализированы ограничения и недостатки существующих методов и средств нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса, ориентированных на распараллеливание гнезд циклов, обозначившие направления их совершенствования;

разработаны новые критерии оптимальности пространственных и временных отображений программ линейного класса, отличающиеся возможностью ранжировать информационные зависимости и доступы к данным для более гибкого количественного описания локальности использования данных, чем целевые функции на основе лексикографического упорядочивания в методах П.Футриера и У.Бондхугулы;

разработан новый метод нахождения оптимальных пространственных и временных отображений программ линейного класса для распараллеливания гнезд циклов, отличающийся применением взвешенной суммы показателей качества решения, а также устраняющий необходимость полного перебора решений с их трудоемкой оценкой качества (М.Грибль), и при этом позволяющий следовать идее П.Футриера, но при ослабленных ограничениях, заключающихся в сокращении расстояния коммуникаций, а не полном их исключении, в меньшей степени ограничивая параллелизм;

разработан метод генерации параллельной MPI-программы, позволяющий организовать информационный обмен между параллельными процессами в случае явно заданного распределения данных между процессорами (по сравнению с методом Р.Дататри, исключающим дублирование информации при пересылке информационных пакетов, нет необходимости размещать входные данные на всех вычислительных устройствах);

получены экспериментальные результаты исследования производительности параллельных вариантов программ (lu, atax, syr2k, floyd, gramschmidt), свидетельствующие о выигрыше в эффективности распараллеливания по сравнению с современным транслятором Pluto: до 25% (с OpenMP) и до 302% (с MPI). Разработаны компоненты, которые могут быть использованы в автоматически распараллеливающем трансляторе для поддержки распараллеливания программ, написанных на языке Си.

Научная новизна включает новые научные результаты, полученные в работе, и заключается в следующем:

1. **Разработаны** новые критерии оптимальности пространственных и временных отображений программ линейного класса, отличающиеся возможностью ранжировать информационные зависимости и доступы к данным для более гибкого количественного описания локальности использования данных.

2. **Разработан** новый метод нахождения оптимальных пространственных и временных отображений программ линейного класса, отличающийся применением взвешенной суммы показателей качества решения для повышения производительности программ при параллельном выполнении.

3. **Разработан** новый метод генерации параллельной MPI-программы, не требующий дублирования входных данных во всех исполняющихся процессах для сокращения накладных расходов памяти на поддержку распределенных вычислений.

Теоретическая и практическая значимость:

Теоретическая значимость работы заключается в развитии подходов к исследованию влияния локальности использования данных на быстродействие программ линейного класса при их параллельном выполнении. Эти подходы могут быть применены при разработке методов и методик повышения быстродействия программ, затрачивающих большую часть времени выполнения на участки с циклическими конструкциями.

Практическая значимость работы заключается в разработанных компонентах, которые могут быть использованы в автоматически распараллеливающем трансляторе для поддержки распараллеливания программ,

написанных на языке Си: компонент нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса, скрипт расстановки директив OpenMP, библиотека макросов для организации информационного обмена и скрипт постобработки параллельных циклов для реализации блочной схемы распределения процессоров в MPI-программе и подтверждается внедрением и использованием в различных организациях, о чем свидетельствуют соответствующие акты (ООО «НПП САТЭК плюс», ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет»).

Достоверность полученных результатов:

Достоверность и обоснованность научных результатов, полученных соискателем, подтверждены корректностью и непротиворечивостью математических выкладок и доказательств, результатами машинных экспериментов.

Личный вклад соискателя заключается в общей формулировке и обосновании цели и задач исследования, выборе методов их решения, разработке новых критериев оптимальности пространственных и временных отображений программ линейного класса, разработке нового метода нахождения оптимальных пространственных и временных отображений программ линейного класса, разработке нового метода генерации параллельной MPI-программы, не требующего дублирования входных данных во всех исполняющихся процессах, разработке специального программного обеспечения для трансляции программ, написанных на языке Си, проведении экспериментальных исследований производительности параллельных программ.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Лебедев А.С. ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 18 июня 2024 года диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-технической задачи разработки методов нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса, обеспечивающих локальность использования данных при их параллельном выполнении на многопроцессорных вычислительных системах, имеющей важное значение для развития моделей и методов создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, соответствующей специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, а также критериям

п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», присудить Лебедеву Артему Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за — 16, против — нет, недействительных бюллетеней — нет.

**Председатель
диссертационного совета**



**Минаков
Евгений Иванович**

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

**Маслова
Анна Александровна**

18 июня 2024 года