

УТВЕРЖДАЮ

Директор

НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров,
доктор технических наук, профессор

И.И. Левин

«20» мая 2024 г.



**ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Лебедева Артема Сергеевича
«Методы и средства распараллеливания программ линейного класса для
выполнения на многопроцессорных вычислительных системах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

1. Актуальность темы диссертационной работы

Высокопроизводительные вычислительные системы в настоящее время широко применяются при решении приоритетных задач в науке и промышленности. Непрерывно растущая сложность прикладных задач требует повышения производительности суперкомпьютеров. Рост количества вычислительных узлов и ядер в вычислительной системе одновременно с увеличением потенциального параллелизма усложняет ее программирование и приводит к необходимости применения средств автоматического распараллеливания программ, чтобы освободить специалистов предметных областей от изучения технических особенностей программирования конкретной многопроцессорной вычислительной системы. Применение средств автоматического распараллеливания особенно актуально для программ научных и инженерных расчетов, содержащих циклические конструкции с большой вычислительной трудоемкостью. Поэтому разработка методов и средств распараллеливания, позволяющих повысить быстродействие программ линейного класса для многопроцессорных вычислительных систем с многоядерными процессорами, является актуальной научной задачей для теории и практики параллельного программирования.

2. Новизна полученных научных результатов

В ходе диссертационного исследования при разработке новых методов и средств распараллеливания программ линейного класса автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- предложены критерии оптимальности пространственных и временных отображений программ линейного класса, отличающиеся от известных ранжированием информационных зависимостей и доступов к данным;
- модернизирован метод нахождения оптимальных пространственных и

временных отображений программ линейного класса, отличающийся от известных применением взвешенной суммы показателей качества решения;
- разработан метод генерации параллельной MPI-программы, не требующий дублирования входных данных во всех исполняющихся процессах для сокращения накладных расходов памяти на поддержку распределенных вычислений.

Новизна разработанных методов и программных средств подтверждается свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

3. Степень обоснованности научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации

Сформулированная в диссертации проблема была исследована и решена с использованием известных и апробированных методов. Основные положения, выводы и рекомендации в достаточной степени аргументированы и обоснованы. Достоверность полученных результатов подтверждается теоретическим обоснованием, основанным на использовании классического математического аппарата, репрезентативностью экспериментальных данных, полученных в ходе апробации на ряде вычислительных систем, положительными результатами внедрения практических результатов диссертации в учреждениях науки и на предприятиях промышленности.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы

Теоретическая значимость работы состоит в развитии подходов к распараллеливанию программ линейного класса за счет исследования влияния локальности использования данных на быстродействие программ при их параллельном выполнении. В работе был проведен анализ существующих методов и средств нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса, ориентированных на распараллеливание гнезд циклов, установлены их ограничения и недостатки. Автором предложены новые критерии оптимальности пространственных и временных отображений программ линейного класса, позволяющие ранжировать информационные зависимости и отдельные доступы к данным для количественного описания локальности. Разработан новый метод нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса с помощью взвешенной суммы показателей качества решения, что позволяет сократить количество анализируемых вариантов решения при распараллеливании гнезд циклов. Разработан метод генерации параллельной программы для модели передачи сообщений MPI, сокращающий накладные расходы памяти в случае явно заданного распределения данных между процессорами. Полученные теоретические результаты использованы в учебном процессе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет», что

подтверждено соответствующим актом.

Практическая значимость работы заключается в разработанных программных средствах для распараллеливающего транслятора, позволяющих в ряде случаев повысить быстродействие программ линейного класса с циклическими конструкциями при автоматическом распараллеливании. Разработанные автором программные средства полиэдральной оптимизации кода могут использоваться в конвейере трансляции программ при наличии участков, удовлетворяющих критериям линейности программ. Значимость результатов диссертационной работы для практики подтверждается актом о внедрении результатов в деятельность ООО «НПП САТЭК плюс» и двумя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

5. Оценка содержания диссертации

Диссертация имеет традиционную структуру, состоит из введения, 4 глав, заключения и 7 приложений. Полный объём диссертации составляет 297 страниц, включая 39 рисунков и 44 таблицы. Список литературы содержит 124 наименования. В приложении представлены документы, подтверждающие практическое использование результатов исследований. В заключении диссертации приведены основные результаты, полученные при решении поставленной научной задачи, и сформулирован вывод о достижении цели.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы, раскрывает основные положения, результаты и выводы проведенного исследования.

6. Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации

Основные результаты диссертационной работы отражены в 12 печатных работах, 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 сборниках тезисов докладов. Зарегистрированы 2 программы для ЭВМ. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 5 международных и всероссийских конференциях.

7. Рекомендации по использованию выводов и практических результатов диссертационной работы

Полученные в диссертационной работе результаты и выводы могут быть использованы при создании распараллеливающего транслятора для повышения производительности участков программного кода, удовлетворяющих критериям линейности программ. Разработанные автором программные средства могут использоваться в инженерной практике при разработке систем трансляции программного кода, написанного на языке Си. В применении полученных в диссертации практических результатов могут быть

заинтересованы академические, научно–исследовательские и промышленные организации, выполняющие с помощью параллельных вычислений исследования в таких прикладных областях, как химия и медицина, гео– и астрофизика, энергетика и космонавтика при численном моделировании физических процессов (прочностные расчеты, вычислительная гидродинамика, биоинформатика). Результаты диссертационной работы могут быть внедрены в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской Академии наук (г. Москва), Институте программных систем им. А.К. Айламазяна Российской Академии наук (Ярославская область, Переславский район, с. Вельское), Институте системного программирования им. В.П. Иванникова Российской Академии наук (г. Москва), Межведомственном суперкомпьютерном центре Российской Академии наук (г. Москва), Санкт-петербургском политехническом университете Петра Великого (г. Санкт-Петербург), Научно-исследовательском вычислительном центре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва), Южном научном центре Российской академии наук (г. Ростов-на-Дону).

8. Замечания по работе

Вместе с тем имеется ряд замечаний по содержанию работы.

1. В главе 2 на с.25 автор определяет оптимальное расписание и размещение программы без ссылки или доказательства, что предложенный критерий является оптимальным.
2. В тексте диссертации на рис. 3.2 представлена общая структура выполнения распараллеливания программы с помощью разработанных программных средств, но не приведены пошаговые инструкции, необходимые для трансляции параллельной программы с использованием существующих средств распараллеливания (clan, candl и т.д.) и разработанного автором транслятора `ipru`.
3. В диссертации не обоснован выбор набора тестов PolyBench и отдельных тестовых программ, использовавшихся для анализа эффективности разработанных средств распараллеливания.
4. Рисунок 4.4, иллюстрирующий разнородную нагрузку при запуске параллельных вариантов `lu` с MPI, расположен в следующем подразделе, посвященном распараллеливанию матричного произведения `atax`.

Перечисленные замечания не влияют на полученные теоретические и практические результаты, не снижают уровень и значимость проведенного автором научного исследования.

9. Заключение

Диссертация Лебедева Артема Сергеевича «Методы и средства распараллеливания программ линейного класса для выполнения на многопроцессорных вычислительных системах», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача,

закрывающаяся в разработке методов нахождения пространственных и временных отображений программ линейного класса, обеспечивающих локальность использования данных при их параллельном выполнении на многопроцессорных вычислительных системах.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы и аргументированы. Теоретические результаты имеют практическое воплощение в виде программного обеспечения, готового к применению в инженерной практике. Научные труды и автореферат соответствуют основному содержанию диссертации и раскрывают основные положения, результаты и выводы проведенного исследования.

Диссертационная работа «Методы и средства распараллеливания программ линейного класса для выполнения на многопроцессорных вычислительных системах» соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ и паспорту научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, а ее автор, Лебедев Артем Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук..

Диссертационная работа заслушана и одобрена на заседании НТС НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров, протокол №3 от 20.05.2024.

Начальник отдела математического и алгоритмического обеспечения НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров, д.т.н.
Заведующий сектором синтезаторов отдела математического и алгоритмического обеспечения НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров, к.т.н.
Заведующий сектором трансляторов отдела математического и алгоритмического обеспечения НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров, к.т.н.
Подписи А.И. Дордопуло, А.А. Гуленка, А.В. Гудкова заверяю.

Дордопуло Алексей Игоревич
Гуленок Андрей Александрович
Гудков Вячеслав Александрович

Начальник отдела кадров
ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров»



О.В. Игнатенко

Общество с ограниченной ответственностью «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров»
347900, Россия, Ростовская область, г.Таганрог, пер. Итальянский, дом 106
Телефон: +7(8634) 612-111, +7(8634) 368-177
Факс: +7(8634) 477-415
e-mail: mail@superevm.ru