

ОТЗЫВ

на диссертацию Метелицы Елены Анатольевны на тему
«Автоматизация распараллеливания программ со сложными
информационными зависимостями», представленную на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 2.3.5 — «Математическое и программное обеспечение
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность темы диссертации

При разработке параллельных программ используются различные подходы. Распараллеливание последовательных программ является одним из них. Данный подход является особенно привлекательным и интересным в при решении вычислительных задач связанных с моделями, использующими многомерные массивы данных, так как, наряду с регулярностью данных, многие ситуации, связанные со взаимозависимостью этих массивов, поддаются формализации, сводимой к параллелизму. Для таких задач методы распараллеливания, опирающиеся на формальные преобразования и трансформации последовательных программ, зачастую являются более эффективными, чем непосредственное использование методов параллельного программирования. В связи с этим поиск новых формальных подходов и приёмов, на основе которых осуществляется разработка методов создания инструментов автоматизированной оптимизации программ, включающих, в частности, гнёзда циклов итерационного типа, является актуальным.

Структура и содержание работы

Диссертация содержит 152 страницы основного текста и содержит введение, 4 главы, заключение, список использованных источников из 148 наименований. Дополнительный материал представлен в 18 приложениях. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.5 — «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Во введении обосновывается актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, приведены методы исследования, изложены полученные научные и практические результаты, а также положения, выносимые на защиту. Приведён обзор литературы по теме диссертации. Представлен список публикаций и апробаций соискателя, выполненных по теме диссертации.

В первой главе приводится терминология, используемая в работе, даётся обзор элементов теории преобразования программ, рассматриваются информационные зависимости, которые возникают в гнёздах циклов итерационного типа и их отображение в виде соответствующих графов. Приводится анализ блочных и вспомогательных преобразований гнёзд циклов с использованием унимодулярных матриц преобразований. На основе внутреннего представления оптимизирующей распараллеливающей системы (ОРС)

в работе формируются алгоритмы автоматизации выполнения преобразований тесных гнёзд циклов.

Во второй главе предложен алгоритм оптимизации и распараллеливания итерационных гнёзд циклов итерационного типа. Представленный алгоритм реализован в рамках оптимизирующей распараллеливающей системы (ОРС). Приводится демонстрация алгоритма на примере двумерной задачи. Обоснование целесообразности применения перестановки циклов внутри тайла и эквивалентности преобразования «метод гиперплоскостей с предлагаемым в данной работе вектором нормали» обоснованы соответствующими теоремами. Показано, что предложенный алгоритм, может использоваться для ускорения алгоритмов в практических задачах, например, алгоритма Коши, алгоритмов, основанных на методе Ньютона и ряде других.

В третьей главе представлены сравнительные численные эксперименты, которые реализуют алгоритмы итерационного типа до и после их преобразования, с использованием алгоритма, описанного во второй главе. Рассмотрены алгоритм Гаусса-Зейделя для задачи Дирихле с уравнением Лапласа, обобщенный алгоритм Гаусса-Зейделя для решения задачи Дирихле, в частности, для уравнения Пуассона, алгоритм решения задачи теплопроводности. Приводится анализ соответствия сходимостей предлагаемого и исходного алгоритмов Гаусса-Зейделя для решения задачи Дирихле. Представлено сравнение производительности полученного алгоритма с известным алгоритмом оптимизирующей системы PLUTO. Показано, что численные эксперименты подтверждают эффективность предлагаемых методов ускорения программ.

В четвёртой главе на примере метода диалогового анализа текстов программ рассматривается уточнение информационных зависимостей для распараллеливания и оптимизации при использовании прямоугольного тайлинга, гнездования цикла в архитектурах типа SIMD, MIMD, SIMD + MIMD. Демонстрируется расширение класса оптимизируемых задач. Приводится сравнение диалогового и динамического подходов.

Заключение содержит список основных результатов, полученных в рамках диссертационного исследования, подтверждения решения поставленных задач и положений, выносимых на защиту. Подтверждается практическая и теоретическая значимость работы, а так же приводятся рекомендации по использованию предложенных в диссертации методов.

Автореферат соответствует диссертации и в необходимой мере отражает её содержание.

Научная новизна

В диссертации представлены и научно обоснованы решения, обеспечивающие развитие методов автоматизации распараллеливания программ со сложными информационными зависимостями.

Автоматизированная цепочка оптимизирующих преобразований гнёзд циклов итерационного типа, основанная на универсальном высокоуровневом древовидном внутреннем представлении ОРС отличается от аналогичной цепочки распараллеливающей системы PLUTO, основанной на полиэдральном внутреннем представлении. Это обеспечивает возможность добавления преобразований программ, разрабатываемых на универсальных внутренних представлениях. Отличие подтверждается значительным ускорением, которое демонстрируется численными экспериментами.

Впервые рассмотрено влияние обхода точек тайла на быстродействие его выполнения. Реализованное изменение порядка обхода точек тайла позволило получить значительное ускорение, что отражено в результатах проведённых численных экспериментов.

Новизной обладает и метод диалоговой оптимизации программ, основанный на символьном анализе, когда компилятор указывает пользователю те места в программе, в которых он не может выполнить оптимизирующие преобразования без дополнительной информации. Такой информацией могут быть диапазоны значений переменных или требования к точности результатов вычислений.

Практическая значимость

Разработанные методы и алгоритмы интегрированы в оптимизирующую распараллеливающую систему. Они также могут быть использованы при разработке оптимизирующих компиляторов нового поколения с диалоговым режимом компиляции. Из сформулированных результатов я бы отметил, как практическую значимость, реализацию диалогового режима компиляции в среде ОРС.

По содержанию диссертации хотелось бы сделать следующие замечания:

1. Подраздел 1.3. «Анализ векторов расстояний информационных зависимостей на основе решетчатых графов» на мой взгляд слишком акцентирует внимание на визуальном представлении решетчатых графов, но при этом, по ходу их описания не делается выводов о том, какие из зависимостей для каждого из решетчатых графов являются проблемными для распараллеливания, что было бы полезным для последующего восприятия материала. Тем более, что при описании последующих подразделов рисунки решетчатых графов практически не используются.
2. На стр. 104 (глава 4) приводится утверждение о том что выражения xa^2+ya^2 и $(xb + yb)(xb - yb)$ равны при равенстве коэффициентов a и b , что вызывает определенное сомнение, как и равенство исходных выражений $x*x+y*y$ и $(x+y)*(x-y)$ языка C.
3. Материал четвертой главы о перспективном диалоговом режиме компиляции в большей степени представлен как техническое решение. Хотя во введении позиционируется как научная новизна.

4. По структуре диссертации хотелось бы отметить, что приведённый обзор литературы целесообразнее было бы представить не во введении, а в первой главе, интегрируя его с описанием основных терминов и определений. Также хотелось бы видеть более краткое и конкретное изложение выводов по главам, которые больше напоминают краткий реферат написанных глав.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Научные положения, выводы и результаты, сформированные в диссертации, являются обоснованными.

Заключение

Диссертация Метелицы Елены Анатольевны является завершённой научно-квалификационной работой, в которой представлено решение научной задачи, актуальное для параллельных вычислений, имеющее научное и практическое значение. Сформулированные положения и выводы обоснованы, а результаты достоверны. Диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Метелица Елена Анатольевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5 — «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор департамента программной
инженерии факультета компьютерных
наук Национального
исследовательского университета
«Высшая школа экономики»



Легалов Александр Иванович

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ).

Адрес: 109028, г. Москва, Покровский б-р, 11

Тел: +7 (495) 531-00-00, (28240)

E-mail: alegalov@hse.ru



Подпись заверяю

Специалист по персоналу
Управления персонала
Азовцев Т. Д.



15. 01. 2025