

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Мунермана Виктора Иосифовича «Алгебраические модели и методы для разработки программно-аппаратных комплексов массовой обработки данных», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность и практическая значимость темы исследования

Исследование, результаты которого представлены в диссертации В.И. Мунермана, посвящено разработке алгебраических моделей и методов для проектирования программно-аппаратных комплексов (ПАК), реализующих массовую обработку структурированных данных (МОД), которая находит широкое применение в задачах управления организациями и предприятиями, в финансовой сфере и т.д. Современные системы управления базами данных (СУБД), такие как Oracle, DB2, MS SQL Server, PostgreSQL, реализуют хранение и обработку именно такого класса данных. Особенностью МОД является их большие и сверхбольшие объёмы, причем практически все эти данные включаются в обработку (в диссертации это называется "высокой активностью данных"), что обуславливает высокую вычислительную сложность задач МОД.

Актуальность и практическая значимость темы исследования не вызывают сомнения.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации – 286 стр., в том числе 50 рисунков, 25 таблиц, 4 приложения. Список литературы состоит из 244 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы основные задачи и научные результаты, дано краткое содержание глав.

Первая глава посвящена определению и общим вопросам МОД. Раскрыто понятие МОД. Сформулированы требования к моделям МОД. Рассмотрены проблемы оптимизации процессов МОД. Основное содержание главы посвяще-

но анализу связей моделей МОД с архитектурами ПАК.

Вторая глава посвящена формализации алгебраических моделей данных. Введены основные алгебраические понятия, используемые в диссертации. Представлены «интуитивный» и формальный (алгебраический) подходы к объектно-ориентированному моделированию данных. Основное содержание главы составляют предложенные в работе файловая (теоретико-множественная) модель данных, а также их многомерно-матричная модель. Даны определения этих моделей и операций над ними. Показано соответствие теоретико-множественной и многомерно-матричной моделей. Предложен аксиоматический подход к формализации моделей данных для МОД. Рассмотрены основные определения аксиоматической теории МОД, интерпретация формул этой теории, аксиомы и теоремы теории МОД. Показана эквивалентность моделей МОД.

В третьей главе рассмотрены проблемы повышения эффективности МОД. Представлены подходы к синтезу и оптимизации процесса МОД, модель и метод построения процесса МОД, формальное описание метода синтеза и оптимизации процесса МОД. Дано обоснование выбора параллельных алгоритмов для реализации операций МОД. Приведены алгоритм параллельного умножения многомерных матриц, алгоритм параллельной реализации операции слияния нестрого упорядоченных файлов, а также алгоритм параллельной реализации операции соединения в реляционной модели SQL.

В четвертой главе рассмотрены архитектуры ПАК для МОД. Представлены архитектуры ПАК для реализации многомерно-матричной модели данных, а также для реализации таких операций теоретико-множественной и реляционной моделей данных, как внешняя сортировка, операции выборки, слияния строго упорядоченных файлов и сечения, операция слияния нестрого упорядоченных файлов.

В пятой главе приведены результаты вычислительных экспериментов по исследованию эффективности предложенных математических моделей, мето-

дов и алгоритмов. Эксперименты выполнены на рабочих станциях, локальных сетях рабочих станций и с использованием облачных технологий. Представлены результаты исследования параллельной реализации операций умножения многомерных матриц, слияния нестрого упорядоченных файлов средствами СУБД, SMP-архитектуры, MPP-архитектуры в облачной среде, SMP-архитектуры в облачной среде, SMP-архитектуры и многоядерных графических процессоров.

В шестой главе рассмотрено использование предложенного и разработанного в диссертации математического и алгоритмического обеспечения для решения практических прикладных и системных задач МОД. Представлены результаты решения следующих задач: задача о кратчайшем пути на графе; задача вывода ассоциативных правил; задача поиска изображений в базах данных; шифрование Хилла на основе алгебры многомерных матриц. Результаты исследования показывают эффективность предложенных и разработанных в диссертации моделей, методов, алгоритмов и программного обеспечения.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты, представленные в диссертации.

Приложения содержат свидетельства о регистрации разработанных алгоритмов и программ, патенты и акт внедрения результатов исследований, изложенных в диссертации.

Научная новизна и практическая значимость результатов

Признаками научной новизны обладают следующие результаты диссертационной работы.

- 1) Подход к формализации моделей данных, основанный на универсальных многоосновных алгебраических системах.
- 2) Теоретико-множественная (файловая) алгебраическая система, которая может быть использована для оценки согласованности моделей данных и моделей вычислений.
- 3) Алгебра многомерных матриц и абстрактная алгебраическая машина,

которая позволяет использовать в качестве элементов многомерных матриц как простые, так и структурные (кортежи) типы данных.

4) Алгебраический и аксиоматический подходы к оценке согласованности (изоморфизм или гомоморфизм) моделей данных и моделей вычислений. Доказательство гомоморфизма (а для конкретных задач – изоморфизма) теоретико-множественной, многомерно-матричной и реляционной моделей.

5) Модифицированный алгоритм определения наилучшей последовательности операций умножения многомерных матриц методом динамического программирования.

6) Модифицированный алгоритм Кэннона для реализации параллельного произведения многомерных матриц, а также алгоритм слияния нестрого упорядоченных файлов на основе симметричного горизонтального распределения файлов-операндов.

7) Архитектуры вычислительных систем для реализации многомерно-матричной модели данных, простых (однопроходных) операций теоретико-множественной модели данных, операции слияния нестрого упорядоченных файлов в теоретико-множественной и реляционной моделях данных.

Достоверность результатов и выводов, представленных в диссертации, подтверждается результатами широкого вычислительного эксперимента по оценке эффективности предложенного и разработанного в диссертации математического и программного обеспечения. Результаты диссертационного исследования неоднократно докладывались на российских и международных научных конференциях, опубликованы в российских и иностранных рецензируемых изданиях, в том числе: 33 работы - в журналах, входящих в Перечень ВАК; девять - в изданиях, входящих в системы цитирования Web of Science и Scopus; одна монография.

Замечания

1) По сути, диссертация посвящена основной в теории и практике параллельных вычислений задаче согласования алгоритмов и структур данных с архитектурой параллельной вычислительной системы. Автор не использует в

работе этот термин, что затрудняет позиционирование исследования.

2) Задачу согласования алгоритмов и структур данных с архитектурой параллельной вычислительной системы обычно решают с использованием тех или иных методов балансировки загрузки вычислительной системы. Автор диссертации также использует этот подход, однако термин «балансировка загрузки», а также общепринятые критерии эффективности балансировки не использует, что затрудняет чтение диссертации.

3) В задачах оптимизации, рассматриваемых в диссертации, в качестве критерия оптимизации используется "длина просмотра", но смысл этого критерия не определен.

4) В параграфе 3.1 представлен модифицированный алгоритм выбора наилучшей последовательности умножения многомерных матриц. Было бы целесообразно проиллюстрировать этот алгоритм примером.

5) В диссертации имеют место небрежности письма, не препятствующие однако пониманию смысла изложения.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»

Диссертация В.И. Мунермана обладает внутренним единством. Автореферат диссертации адекватно отражает ее содержание. Диссертация и автореферат удовлетворяют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

Заключение

Указанные замечания не отменяют общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация представляет собой завершенное исследование на актуальную тему, в которой предложен и разработан ряд теоретических положений, вносящие значительный вклад в разработку математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Автореферат диссертации адекватно отражает ее содержание.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к

диссертациям по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», в пунктах: 3 – модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем; 8 – модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования; 9 – модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных. Автор диссертационной работы В.И. Мунерман заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по этой специальности.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, заведующий кафедрой САПР факультета Робототехники и комплексной автоматизации МГТУ им. Н.Э. Баумана

Анатолий Павлович Карпенко

« 21 » апреля 2025 г.

Подпись Карпенко Анатолия Павл

*Вернувшись с работы по телефону
Анатолий Павлович Карпенко*

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»; 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1; тел.: +7 (499) 263 63 91; электронная почта: bauman@bmstu.ru; адрес в сети Интернет: bmstu.ru