

## ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертацию Гайнанова Дамира Насибулловича «Математическое и программное обеспечения вычислительных комплексов для решения задач анализа несовместных систем с массивно параллельной обработкой данных», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Несовместные системы условий часто возникают в различных областях производственной деятельности. Это связано с тем, что ресурсы инфраструктуры ограничены по сравнению с потребностями производства. Так, в частности, объёмы металлургического производства, как правило, опережают возможности инфраструктуры и технологических агрегатов, имеющих в распоряжении на производстве. В области транспорта, например, также при организации грузовых железнодорожных перевозок потребности в перевозках растут опережающими темпами по сравнению с развитием инфраструктуры. В этой связи большой интерес представляет разработка эффективных математических методов и вычислительных средств, основанных на анализе несовместных систем, для решения сложных прикладных задач.

В диссертации Гайнанова Д. Н. разработано математическое и программное обеспечение вычислительных комплексов с массивно параллельной обработкой данных для решения задач анализа несовместных систем и связанных с ними прикладных задач оптимизации технологических маршрутов на металлургическом производстве и транспортных процессов планирования и организации железнодорожных перевозок в условиях больших размерностей и высокой комбинаторной сложности решаемых задач.

Математическое обеспечение включает программную реализацию эффективных методов обработки данных в вычислительном комплексе.

Данные, возникающие в прикладной задаче управления технологическими маршрутами на дискретном металлургическом производстве, преобразуются в массив конечномерных векторов, характерными особенностями которого являются большая размерность и непрерывное пополнение. В диссертации разработан новый метод параллельной обработки данных такого типа. На базе технологического графа производства вводится в рассмотрение сеть задач прогнозирования или распознавания образов с целью оптимизации технологических процессов и снижения брака производства. Для этой сети предлагается

технология массивной параллельной обработки задач прогнозирования, синхронизированная с процессом сбора технологических данных.

В другой области – управление транспортными процессами планирования и организации грузовых железнодорожных перевозок – данные имеют графовую структуру и характеризуются также большими объемами. Для задачи организации грузовых железнодорожных перевозок, связанной с оптимизацией назначения локомотивов для исполнения запланированных перевозок, предлагается общий метод декомпозиции задачи на ряд аналогичных задач значительно меньшей размерности. В условиях заданных ограничений для набора сильно связанных подграфов (фрагменты железнодорожной сети) и множества путей (план перевозок) предлагается декомпозиция путей по сильно связным подграфам. Тогда последующее управление транспортными процессами осуществляется параллельно для каждого класса в полученной декомпозиции, что позволяет значительно сократить объемы вычислений при несильном снижении качества приближенного решения.

Для разработки математического обеспечения предлагаемых систем обработки данных в диссертации проведено систематическое изучение различных классов несовместных систем условий. Всесторонне исследуются структурные и комбинаторные свойства несовместных систем общего вида и более узких их классов, в частности, несовместных систем линейных неравенств. Разработаны теоретико-графовые и комбинаторно-геометрические методы математического моделирования, а также установлена взаимосвязь вышеупомянутых прикладных задач с задачами распознаванием образов в геометрической постановке и расшифровкой монотонных булевых функций (МБФ) соответственно. При этом последние тесно связаны с задачами анализа несовместных систем. Так, например, в рамках теоретико-графовой модели, установлено, что в графе максимальных совместных подсистем (граф МСП) существует цикл нечетной длины. При этом решения, взятые по одному для каждой вершины цикла, определяют комитет исходной системы. Результаты в области разработки математического моделирования легли в основу методов численного решения задач анализа несовместных систем. Разработаны алгоритмы поиска и подсчета всех максимальных совместных (МСП) и минимальных несовместных (МНП) подсистем, алгоритмы расшифровки МБФ, а также алгоритмы синтеза комитетов систем линейных неравенств. Эффективность разработанных алгоритмов показана как в терминах классических критериев (критерий Шеннона оптимальной расшифровки МБФ, абсолютная оценка отклонения приближенного решения от оптимального), так и в терминах альтернативных, разработанных в диссертации, подходов (нормированный критерий оптимальной расшифровки МБФ, альтернативные покрытия комитетов).

Программное обеспечение состоит из комплексов проблемно-ориентированных прикладных программ и управляющих программ для организации массивно параллельной обработки данных и взаимодействия программных компонент. Гайнановым Д. Н. разработаны и зарегистрированы четыре программы для ЭВМ и четыре патента на изобретение. В их числе, например, новый способ слежения за материалом на технологической линии металлургического производства. Важной особенностью этого способа является эффективное наследование и хранение большого числа параметров обрабатываемой продукции, что позволяет существенно повысить надежность функционирования программы для сбора данных.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы, приводится обзор результатов, полученных в этой и смежных областях, а также краткий обзор последующих глав.

В первой главе разрабатывается базовое математическое обеспечение вычислительного комплекса – основные модели и методы исследования несовместных систем. Здесь также обоснована их взаимосвязь с задачами распознавания образов в геометрической постановке и расшифровки МБФ.

Во второй главе разрабатываются теоретико-графовые методы математического моделирования несовместных систем. Вводятся понятия графа системы независимости и графа МСП монотонной несовместной системы линейных неравенств и всесторонне исследуются их свойства.

В третьей главе разрабатываются комбинаторно-геометрические методы математического моделирования несовместных систем. Вводится новое понятие  $G$ -диагонали выпуклого многогранника и впервые несовместной системе линейных неравенств поставлен в соответствие выпуклый многогранник. В рамках этого подхода семейство граней выпуклого многогранника определяет семейство МНП, а семейство  $G$ -диагоналей – семейство МСП исходной системы. Полученная двойственность эффективно используется для интерпретации результатов комбинаторной геометрии на языке теории несовместных систем линейных неравенств и обратно.

В четвертой главе разрабатываются методы численного решения задач анализа несовместных систем, а также вышеописанные методы параллельной обработки данных с графовой структурой.

В пятой главе подробно рассматриваются приложения ранее разработанных методов для решения прикладных задач и разрабатываются методы параллельной обработки данных, для обеспечения эффективной обработки больших наборов данных.

В шестой главе разрабатывается прикладное программное обеспечение. Приводится описание программных компонент и управляющих программ, оперирующих с ранее разработанным математическим обеспечением, и взаимодействующих между собой в вычислительном комплексе.

Все результаты диссертации получены автором самостоятельно. Основные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах и докладывались на многих международных научных конференциях и всероссийских семинарах. Гайнанов Д. Н. является лауреатом премии им. Е. А. и М. Е. Черепановых 2000 г. по направлению научно-технической деятельности и премии Правительства России 2004 г. в области науки и техники.

Диссертация Гайнанова Д. Н. представляет законченную научно-квалификационную работу. Полученные новые результаты имеют важную научную и практическую значимость в области разработки математического и программного обеспечения вычислительных комплексов различного назначения, а также в области математического моделирования прикладных задач на основе анализа несовместных систем условий. Считаю, что Гайнанов Дамир Насибуллович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» и по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный консультант:

д.ф.-м.н., профессор,  
заведующий кафедрой «Теория вероятностей и  
компьютерное моделирование» МАИ

А. И. Кибзун

Подпись Кибзуна А. И. удостоверяю.  
Декан факультета «Информационные  
технологии и прикладная математика» МАИ



С. С. Крылов