ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу
Лобова Александра Андреевича
«Моделирование и анализ отказоустойчивости вычислительных систем с топологией, основанной на гиперкубах»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

В диссертации А.А. Лобова рассматриваются вопросы, связанные с исследованием отказоустойчивости вычислительных систем, которые имеют топологию на основе гиперкубов. Такие топологии исторически получили широкое применение при разработке высокопроизводительных вычислительных систем. Основная математическая модель для исследования отказоустойчивости вычислительных систем была предложена в 1976 году американским математиком Джоном Хейзом сначала для анализа отказов элементов, а потом в 1993 году совместно с Фрэнком Харари расширена и на отказы связей. Эта модель использует аппарат теории графов. Отказоустойчивые реализации рассматриваются как расширения графа, моделирующего исходную систему. Вершинные расширения – для исследования отказов элементов, рёберные расширения – для исследования отказов связей. Большое количество теоретических работ по этой теме указывают на актуальность проблемы. В своей первой работе Хейз рассматривал системы, представленные простыми цепями, циклами и частным случаем помеченного дерева. В работе 1993 года Хейз и Харари предложили схему построения минимального рёберного 1-расширения гиперкуба. Было доказано, что задача проверки, является ли граф расширением заданного графа, относится к классу NP-полных. Вычислительный поиск расширений возможен только для небольших графов.

В связи с исследованиями расширений гиперкубов следует отметить два важных вопроса. Первый вопрос – о единственности минимального рёберного 1-расширения гиперкуба, предложенного Хейзом и Харари. Второй вопрос – о минимальном вершинном 1-расширении гиперкуба. С практической точки зрения гиперкуб представляет большой интерес как тип сетевой топологии, используемый для соединения параллельных процессоров. В частности, ряд суперкомпьютеров, разработанных корпорациями nCube, Parsytec, IBM, использовали отказоустойчивую реализацию вычислительного узла, в котором вычислительные ядра были

соединены по схеме гиперкуба. Дополнительное ядро соединялось со всеми остальными и задействовалось, если одно из основных ядер отказывало. Таким образом, для такой отказоустойчивой реализации (вершинного расширения) было необходимо дополнительное количество связей (рёбер) по числу основных ядер (тривиальная отказоустойчивая реализация). Можно ли построить отказоустойчивую реализацию с меньшим числом дополнительных связей – этот вопрос оставался открытым.

А.А. Лобову в своей работе удалось дать ответы на оба вопроса. Решения оказались весьма нетривиальными, кроме того, их удалось перенести и на более общий случай.

С одной стороны, удалось полностью закрыть вопрос о единственности минимальных рёберных 1-расширений гиперкубов, поставленный Харари и Хейзом, а также предложить вершинное 1-расширение гиперкуба Q_4, которое содержит на одно ребро меньше, чем тривиальное 1-расширение.

С другой стороны, были получены дополнительные результаты, которые представляют самостоятельную ценность: предложена новая модель представления графа, которая позволила разработать алгоритмы без непосредственной проверки на изоморфизм для построения суперграфов заданного графа, а также алгоритмы построения минимальных вершинных и рёберных k-расширений; предложена схема построения вершинных 1-расширений для почти всех двудольных графов.

Работая над диссертацией, А.А. Лобов показал высочайшую квалификацию владения современным вычислительным и математическим аппаратом, навыки и знания технологий параллельного программирования, продемонстрировал настойчивость и целеустремленность, высокую работоспособность.

Материалы и результаты диссертационного исследования были представлены на конференциях и семинарах разного уровня. А.А. Лобов неоднократно становился победителем на научных конференциях студентов и аспирантов, отмечался правительственной стипендией за заслуги в обучении и науке.

Основные положения диссертации отражены в 19 научных публикациях автора, 6 из которых опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованный ВАК Миноборнауки России. Предложенные алгоритмы были реализованы в трёх программных комплексах, для которых были получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Полагаю, что диссертационная работа А.А. Лобова «Моделирование и анализ отказоустойчивости вычислительных систем с топологией,

основанной на гиперкубах» является законченным, самостоятельным исследованием, полностью соответствует пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Лобов Александр Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Научный руководитель,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретических основ
компьютерной безопасности и криптографии
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Михаил Борисович Абросимов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»
Почтовый адрес: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: +7 (8452) 21-36-19
E-mail: mabrosimov@gmail.com

Подпись Абросимова М.Б. удостоверяю
Ученый секретарь
Ученого совета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» В.В. Семенова
«06» 02 2026