Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
им. С.Л. Соболева
Сибирского отделения
Российской академии наук
(ИМ СО РАН)
630090 Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 4
Для телеграмм: Новосибирск, 90, Математика
Тел.: (8-383) 333-28-92. Факс: (8-383) 333-25-98
E-mail: im@math.nsc.ru
28.04.2014 № 15302-2-2171
На № ______________ от ________

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИМ СО РАН
член-корр. РАН С. С. Гончаров
8 апреля 2014 год

Отзыв

Ведущей организации на диссертацию М.Б.Абросимова "Графовые модели отказоустойчивости", представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика

В 1976 году американский специалист Дж.Хейз предложил модель для исследования отказоустойстойчивости дискретных систем, основанную на графах. Система Σ^* является k-отказоустойчивой реализацией системы Σ, если отказ любых k элементов системы Σ^* приводит к графу, в который можно вложить граф системы Σ с учетом меток вершин. Построение k-отказоустойчивой реализации системы Σ можно представить себе как введение в неё определенного числа новых элементов и связей. В 90-х годах совместно с Ф.Харари модель была распространена и на случай отказов связей между элементами. Введенные Дж.Хейзом и Ф.Харари понятия отказоустойчивой реализации естественным образом можно сформулировать на языке чистой теории графов как расширение графа.

В диссертации М.Б.Абросимова рассматриваются минимальные вершинные и реберные расширения графов. Эти исследования актуальны как в теоретическом, так и в прикладном аспекте.

Первая глава является вводной. Во второй главе рассматриваются вершинные расширения графов, а в третьей главе рассматриваются реберные расширения графов. Вторая и третья главы содержат по 7 параграфов и имеют симметричную структуру. Из основных результатов, представленных в работе, выделим следующие.

Во второй главе диссертации рассматриваются вершинные расширения графов, причем основное внимание уделяется минимальным вершинным расширениям. Доказываются общие утверждения о свойствах вершинных k-

расширений, которые могут быть использованы для доказательства минимальности вершинного k-расширения (леммы 2.1.1 – 2.1.5).

Во втором параграфе главы доказывается, что задача проверки, является ли заданный граф H вершинным k-расширением графа G, принадлежит к классу NP-полных задач (теорема 2.2.1). Рассматриваются оптимизационные постановки задачи: минимальные вершинные k-расширения содержат минимально возможное число вершин и минимально возможное число ребер, неприводимые вершинные k-расширения не содержат избыточных ребер, Т-неприводимые k-расширения – неприводимые вершинные k-расширения, являющиеся частью тривиальных k-расширений. Показывается, что граф может иметь неизморфные расширения и описываются минимальные по числу вершин графы, имеющие неизоморфные минимальные вершинные 1-расширения (теоремы 2.3.1 – 2.3.6).

В четвертом параграфе второй главы рассматриваются минимальные вершинные 1-расширения циклов. Циклы имеют большое значение как с точки зрения чистой теории графов, так и в прикладных аспектах технической диагностики. Предлагается схема построения минимальных вершинных 1-расширений циклов (теорема 2.4.7) и доказывается, что графы, построенные по этой схеме неизоморфны графам, построенным по другим известным схемам Хейза-Харари и Махопадхья-Синха (теоремы 2.4.8 и 2.4.9). Следствием является наличие у любого цикла с числом вершин $n > 5$ по крайней мере двух неизоморфных минимальных вершинных 1-расширений. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что с ростом числа вершин в цикле количество неизморфных минимальных вершинных 1-расширений сильно растёт.

В пятом параграфе второй главы рассматриваются предполные графы. Полностью решена задача описания минимальных вершинных k-расширений предполных графов (теоремы 2.5.1 и 2.5.2). Полученные теоретические результаты позволили разработать полиномиальные алгоритмы построения всех неизоморфных минимальных вершинных k-расширений предполных графов (алгоритмы 2.5.1 и 2.5.2).

В шестом параграфе второй главы рассматриваются деревья. Для сверхстройных деревьев дается нижняя оценка числа дополнительных ребер минимального вершинного 1-расширения (теоремы 2.6.3) и описываются семейства сверхстройных деревьев, на которых эта оценка достижима. Строится контрпример для утверждения Харари-Хурума о полном решении задачи построения минимального вершинного 1-расширения для произвольного дерева и показывается, что предложенная Харари-Хурумом схема может использоваться только в качестве верхней оценки числа дополнительных ребер минимального вершинного 1-расширения произвольного сверхстройного дерева.

В седьмом параграфе второй главы рассматриваются ориентированные графы. Лемма 2.7.3 позволяет установить связь между вершинным k-расширением орграфа и вершинным k-расширением его симметризации. Решается задача построения минимальных вершинных k-расширений для транзитивных турниров (теорема 2.7.6) и ориентированных звезд (теоремы 2.7.8 – 2.7.11).

В третьей главе диссертации рассматриваются реберные расширения графов, причем основное внимание уделяется минимальным реберным расширениям. Структура главы повторяет главу, посвященную вершинным расширениям.

Доказываются общие утверждения о свойствах реберных k-расширений, которые могут быть использованы для доказательства минимальности вершинного k-расширения (леммы 3.1.1 – 3.1.2). Теорема 3.1.3 устанавливает связь между точными реберным 1-расширениями и реберно-симметрическими графами.

Во втором параграфе третьей главы доказывается, что задача проверки, является ли заданный граф H реберным k-расширением графа G, принадлежит к классу NP-полных задач (теорема 3.2.1). Рассматриваются оптимизационные постановки задачи: минимальные реберные k-расширения содержат минимально возможное число вершин и минимально возможное число ребер, неприводимые реберные k-расширения не содержат избыточных ребер. Показывается, что граф может иметь неизморфные расширения и описываются минимальные по числу вершин графы, имеющие неизоморфные минимальные реберные 1-расширения (теоремы 3.3.1 – 3.3.2).

В четвертом параграфе третьей главы рассматриваются минимальные реберные 1-расширения циклов. Предлагается схема построения минимальных реберных 1-расширений циклов (теорема 3.4.7) и доказывается, что графы, построенные по этой схеме неизоморфны графам, построенным по другим известным схемам Хейза-Харари и Махопадхья-Синха (теоремы 3.4.8 и 3.4.9). Следствием является наличие у любого цикла с числом вершин $n > 5$ по крайней мере двух неизоморфных минимальных реберных 1-расширений. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что с ростом числа вершин в цикле количество неизморфных минимальных реберных 1-расширений сильно растёт.

В пятом параграфе третьей главы рассматриваются предполные графы. Дается оценка числа дополнительных ребер минимального реберного k-расширения произвольного предполного графа. Полностью решена задача описания минимальных реберных k-расширений для нескольких частных случаев предполных графов: соединение полного графа с цепью (теоремы 3.5.1 и 3.5.2), циклом (теоремы 3.5.3 и 3.5.4) и вполне несвязным графом (теорема 3.6.1).

В шестом параграфе третьей главы рассматриваются деревья. Для сверхстройных деревьев дается нижняя оценка числа дополнительных ребер минимального реберного 1-расширения (теоремы 2.6.2) и описываются семейства сверхстройных деревьев, на которых эта оценка достижима.

В седьмом параграфе третьей главы рассматриваются ориентированные графы. Решается задача построения минимальных реберных k-расширений для турниров (теорема 3.7.1) и ориентированных звезд (теоремы 3.7.2 – 3.7.5).

Приведенный обзор основных результатов диссертации позволяет сделать вывод о том, что их совокупность можно квалифицировать как серьезное научное достижение, вносящее весомый вклад в развитие графовых моделей отказоустойчивости.

В числе достоинств диссертации следует отметить достаточное количество примеров, удобную нумерацию утверждений, практическую реализацию и внедрение описанных алгоритмов, а также симметричность полученных результатов в главах 2 и 3 для вершинных и реберных расширений графов.

Основные положения диссертации достаточно полно изложены в 74 научных работах, включая одноименную монографию М.Б.Абросимова "Графовые модели отказоустойчивости" и 18 статей, опубликованных в изданиях из списка ВАК.

Получены 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, имеются акты о внедрении результатов исследований. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Работа написана хорошим математическим языком и оставляет приятное впечатление. Текст диссертации выглажен более, чем в большинстве диссертаций, чему наверняка способствовало написание параллельной монографии, поэтому говорить об опечатках и т.п. мелочах даже не хочется.

Если все же говорить о "недостатках" работы с точки зрения специалистов по чистой теории графов, не имеющих дела с приложениями, то это разве что не слишком большая глубина и изощренность математических утверждений и конструкций. Так, в большинстве своем доказательства довольно короткие и как правило представляют собой перебор случаев; в частности, доказательство NP-полноты задач о k-расширении является следствием того довольно прозрачного факта, что граф H вкладывается в G тогда и только тогда, когда граф G в объединении с k копиями графа H является k-расширением графа H.

С другой стороны, совершенно понятно, что направленность диссертации на серьезную предметную область и не может допускать особых теоретических изысков, поэтому слово "недостатки" выше и поставлено в кавычки. Даже напротив, относительная простота материала диссертации делает его доступным для широкого круга специалистов, занятых внедрением математических методов, т.е. эти "недостатки" в данном случае можно вполне считать продолжением достоинств.

Таким образом, сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Наличие параллельной солидной монографии с изложением тематики и результатов диссертации также свидетельствует о научной зрелости диссертанта и важности разрабатываемого им научного направления. Основные результаты диссертации являются новыми; все они снабжены доказательствами и опубликованы. Результаты диссертации могут быть использованы в научных исследованиях по отказоустойчивости дискретных систем и смежных областях теории графов в Московском госуниверситете им.М.В.Ломоносова, Институте проблем управления им.В.А.Трапезникова РАН, Институте математики им.С.Л.Соболева СО РАН, Саратовском госуниверситете им.Н.Г.Чернышевского.

Диссертация М.Б.Абросимова "Графовые модели отказоустойчивости" была рассмотрена в лаборатории теории графов Института математики СО РАН. Признано, что в ней содержится решения ряда трудных задач, имеющих существенное значение для теории графов, и ее результаты можно квалифицировать как новое крупное научное достижение. Она удовлетворяет современным требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика, а автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Заведующий лабораторией теории графов,
д.ф.-м.н. О.В.Бородин

28.04.14

Подпись О.В.Бородина
удостоверяю
Зав. орг. отделом
ИМ СО РАН Н.З. Киндалева
«28» 04 2014г.