

ОТЗЫВ

официального оппонента Цициашвили Гурами Шалвовича
на диссертацию Солдатенко Александра Александровича на тему «Разработка алгоритмов комбинаторной оптимизации для анализа графовых и гиперграфовых сетей» по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью анализа, проектирования и реструктуризации телекоммуникационных и дорожных сетей, представленных графами или гиперграфами. Анализ подобных сетей в основном включает в себя следующие комбинаторные задачи: поиск кратчайших путей, поиск максимального покрытия вершин, задача доминирования, перечисление различных типов конфигураций. При моделировании необходимо учитывать высокую размерность сети, дополнительные параметры, связанные с реальными процессами, такими как, ресурс топлива, время движения и т.п. Это накладывает ограничения на применимость классических алгоритмов для решения указанных комбинаторных задач. Следовательно, моделирование реальных сетей графами и гиперграфами и исследование комбинаторных задач для анализа построенных моделей является *актуальной научной проблемой*.

Целью диссертационного исследования Солдатенко А.А. является разработка новых алгоритмов для решения задач анализа и проектирования дорожных и телекоммуникационных сетей, представленных графами и гиперграфами. В рамках поставленной цели автор исследовал и решил следующие задачи комбинаторной оптимизации: две задачи поиска кратчайших путей (в нестационарной метрической сети с условием FIFO и в ресурсоограниченной сети с одним ресурсом) и две перечислительные задачи для гиперграфов (нахождение всех максимально полных подматриц матрицы инцидентности гиперграфа, поиск всех максимальных индуцированных биклик гиперграфа).

Содержание работы. Диссертация содержит 95 страниц, иллюстративный материал представлен 15 рисунками и 14 таблицами, список литературы содержит 92 наименования, два приложения с актами о внедрении.

В первой главе диссертации рассматривается задача о кратчайшем пути в нестационарной метрической сети с условием FIFO. Для решения задачи предлагается двухфазный модифицированный алгоритм ALT, который периодически повторяет первую фазу. Во второй главе предлагается приближенный алгоритм RevTree решения задачи о кратчайшем пути в ресурсограниченной сети с одним ресурсом, который определяет точность решения на основе параметров сети, что позволяет сделать вывод о применимости алгоритма к сети. В третьей главе рассматриваются задачи перечислительного типа применительно к гиперграфам. Для поиска всех максимально полных подматриц матрицы инцидентности гиперграфа предложен алгоритм HFindMCS, который использует оригинальный гиперграфовый подход для порождения решения. Алгоритм HFindMIB решает задачу поиска всех максимальных индуцированных бикликов, развивая идеи гиперграфового подхода, предложенные в алгоритме HFindMCS. Также во всех этих главах приведены псевдокоды и соответствующие теоремы о асимптотической сложности и корректности разработанных алгоритмов. В четвертой главе представляется разработанный автором программный комплекс для вычислительных экспериментов и на его основе выполнен подробный анализ дорожных сетей городов: Красноярска, Томска, Новосибирска, Баку.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются

- 1) новая графовая модель для задачи поиска кратчайшего пути в нестационарной метрической сети, удовлетворяющей условию FIFO. Оригинальность модели заключается в определении всякой дуги сети статическим и динамическим весами, интерпретируемыми как расстояние и скорость в сети. Данная модель позволила автору разработать и теоретически обосновать модификацию классического алгоритма ALT для нахождения

точного решения задачи поиска кратчайшего пути в нестационарной метрической сети, удовлетворяющей условию FIFO;

- 2) новый алгоритм RevTree приближенного решения задачи поиска ресурсоограниченного кратчайшего пути в сети с одним ресурсом. Алгоритм отличается от ранее существующих алгоритмов тем, что позволяет получить оценку точности решения на основе параметров исходной сети;
- 3) оригинальный гиперграфовый подход для решения двух задач перечислительного типа на гиперграфах, который позволил автору разработать и теоретически обосновать алгоритм HFindMCS решения задачи поиска всех максимально полных подматриц $(0, 1)$ -матрицы и алгоритм HFindMIB решения задачи поиска всех максимальных индуцированных биклик.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы.

Разработанные алгоритмы для решения задач о кратчайшем пути являются расширениями классического алгоритма Дейкстры, что позволяет использовать оригинальные идеи автора в других алгоритмах, основанных на алгоритме Дейкстры. Разработанные алгоритмы для решения перечислительных задач основаны на новом гиперграфовом подходе, который может быть применен для поиска пространства решения в таких комбинаторных задачах как задача о вершинном покрытии и задача выделения k -дольных клик гиперграфа. В работе получены асимптотические оценки сложности по времени всех разработанных алгоритмов, что позволяет наглядно сравнивать их с существующими алгоритмами решения указанных задач. Теоретическое обоснование конкретных рекомендаций по практическому применению разработанных алгоритмов позволяет делать выводы о целесообразности их использования для анализа и проектирования реальных сетей. Несомненную значимость для практики представляет комплекс программ, разработанный в рамках диссертационного исследования, для моделирования функционирования дорожных сетей. Подробный анализ

результатов приведен на примере г. Красноярска. Таким образом, предложенные в работе подходы и идеи позволяют расширить область применения теории графов и гиперграфов для анализа дорожных сетей.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подтверждаются математическими выкладками и доказательствами теорем. Все теоретические результаты подтверждаются результатами вычислительных экспериментов. Разработанные алгоритмы экспериментально сравнивались с другими известными алгоритмами решения поставленных задач. По результатам диссертационного исследования Солдатенко А.А. опубликовано 22 печатных работ, из них 5 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук; 14 работ в прочих научных изданиях; получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе.

1. В параграфах 1.3–1.4 автор при решении задачи о кратчайшем пути в нестационарной метрической сети использует понятие пространства поиска как для одного, так и для серии запросов. Однако, формально определение пространства поиска не введено.

2. В выводах главы 3 автор указывает, что для квадратных матриц инцидентности гиперграфа алгоритм HFindMCS будет асимптотически быстрее алгоритма Close-by-One при выполнении условия в виде неравенства, зависящего от ограничения на максимальную степень гиперграфа. Математическое обоснование данного условия в работе опущено.

3. В параграфе 4.5 рассматривались дорожные сети городов, для которых решались задачи о кратчайшем пути для нестационарной метрической сети (TDSP)

и ресурсоограниченной сети (RCSP), однако не указано каким образом были получены зависящие от времени функции и не указано, что рассматривалось в качестве ресурса сетей.

4. Хотелось бы в формулировке теоремы 1.2 более детальной оценки сложности предложенного алгоритма подобно тому, как это сделано в теореме 3.3.

Общее заключение. Диссертация Солдатенко Александра Александровича имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение четырёх комбинаторных задач для анализа графовых и гиперграфовых сетей: поиск кратчайших путей в нестационарной метрической сети с условием FIFO и в ресурсоограниченной сети с одним ресурсом, нахождение всех максимально полных подматриц матрицы инцидентности гиперграфа, поиск всех максимальных индуцированных биклик гиперграфа. Результаты обладают научной новизной и практической значимостью и имеют значение для развития теории комбинаторной оптимизации на графах и гиперграфах при моделировании реальных сетей. Материалы исследования в достаточном объеме отражены в публикациях автора и прошли апробацию на многочисленных международных и Всероссийских научных конференциях. Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация Солдатенко Александра Александровича «Разработка алгоритмов комбинаторной оптимизации для анализа графовых и гиперграфовых сетей» полностью соответствует критериям, установленным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики, а сам Солдатенко Александр

Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук
(специальности: 05.13.01 – системный анализ,
управление и обработка информации;
01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы),
профессор

Федеральное государственной бюджетное
учреждение науки Институт прикладной математики
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
научно-исследовательская группа
вероятностных методов и системного анализа,
руководитель научно-исследовательской группой

Цициаш

Цициашвили Гурами Шалвович

690041, Владивосток, ул. Радио, 7
Тел.р.: +7 (4232) 31-23-75
<http://www.iam.dvo.ru>
E-mail: guram@iam.dvo.ru

Дата: 20.01.2022

Подпись профессора Г.Ш. Цициашвили

*ученой секретарь
ИШМ ДВО РАН*



Е.В. Чернов