

ОТЗЫВ

официального оппонента Мокеева Дмитрия Борисовича
на диссертацию Моршинина Александра Владимировича

«ПРИБЛИЖЕННОЕ И ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ
ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВЕРШИН ГРАФА»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.01.09 — «Дискретная математика
и математическая кибернетика»

Диссертационная работа А.В. Моршинина посвящена задаче кластеризации вершин графа в различных её интерпретациях. Задача состоит в том, чтобы разбить множество вершин графа на попарно непересекающиеся подмножества-кластеры так, чтобы минимизировать число ребёр между вершинами различных кластеров и число отсутствующих ребер внутри кластеров.

В работе рассматриваются варианты задачи, в которых число кластеров ограничено сверху или равно наперед заданному числу. Также уделено внимание задачам кластеризации с частичным обучением, где часть вершин изначально распределена по кластерам.

Актуальность темы. Задача кластеризации является естественной математической моделью для различных задач классификации взаимосвязанных объектов как в математике, так и в естественных науках, социологии, экономике и других сферах жизни и науки.

Первые результаты о задачах кластеризации вершин графа относятся ко второй половине XX века (под именем задачи аппроксимации графов). Интерес к этой задаче значительно возрос на рубеже веков.

Стоит также отметить, что задачи кластеризации вершин графа, рассматриваемые в работе, NP-трудны. Поэтому актуальным направлением исследований является построение и анализ алгоритмов приближённого решения таких задач, имеющих полиномиальную оценку сложности и априорные гарантированные оценки.

Новизна. В диссертационной работе разработаны новые полиномиальные алгоритмы приближенного решения различных вариантов

задачи кластеризации вершин графа и алгоритмы их точного решения. Рассмотрена новая постановка задачи и предложены новые алгоритмы кластеризации с частичным обучением. Получены новые априорные гарантированные оценки точности разработанных приближенных алгоритмов.

Первая глава посвящена задаче кластеризации, в которой число кластеров не превышает 3. Для этой задачи автором предложены два приближенных алгоритма, имеющих полиномиальные оценки сложности и близкие друг к другу гарантированные оценки точности. Первый из них многократно использует процедуру локального поиска, предложенную Коулманом, Саундерсоном и Виртом для задачи, в которой число кластеров не превосходит 2. Второй алгоритм не использует локальный поиск и основан на оригинальной идее перебора окрестностей пар вершин.

Во второй главе рассматриваются интерпретации задачи кластеризации, в которых число кластеров в точности равно 2, а также методы кластеризации с частичным обучением. Исследована как задача кластеризации без дополнительных условий (GC2), так и задачи, в которых заранее известно распределение по кластерам одной или нескольких вершин (SGC2 и SSGC2).

Для задачи GC2 предложен простой 3-приближенный алгоритм, основанный на локальном поиске. Многократное применение процедуры локального поиска позволило понизить его гарантированную оценку точности до 2. Доказательство этой оценки существенно отличается от доказательства аналогичной оценки Коулмана, Саундерсона и Вирта для задачи, в которой число кластеров не больше 2, так как использованная ими техника переключений не может быть применена в случае, когда число кластеров должно быть в точности равно 2.

Для задач SGC2 и SSGC2 предложено два алгоритма – с использованием локального поиска и без. Для них также приведены и доказаны гарантированные оценки точности.

Третья глава содержит описание вычислительного эксперимента, в котором оценивалась степень влияния применения локального поиска на точность и время работы приближенных алгоритмов. Для отыскания оптимальных решений предложены два подхода. Первый подход использует общую схему метода ветвей и границ, второй предполагает постановку решаемой задачи в виде задачи целочисленного линейного программирования и использование для решения соответствующих методов.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждается строгими математическими доказательствами. Основные результаты диссертационной работы прошли широкую апробацию, докладывались на многочисленных международных и российских научных конференциях и семинарах. Результаты диссертации А.В. Моршнина опубликованы в 11 работах, в том числе опубликовано 6 статей в журналах и научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Результаты диссертации А.В. Моршнина целесообразно использовать в дальнейших исследованиях, проводимых в Институте математики СО РАН, Институте математики и механики УрО РАН и других академических институтах. Разработанные А.В. Моршниним алгоритмы могут быть использованы в учебном процессе университетов, осуществляющих подготовку студентов по направлениям «Фундаментальная информатика и информационные технологии», «Прикладная математика и информатика» и другим родственным специальностям.

Замечания.

1. В Замечании 1.2 (стр.20-21) доказанная оценка трудоемкости процедуры локального поиска довольно грубая. Если принять во внимание результаты экспериментального исследования, трудоемкость должна быть меньше.
2. В главе 3 все модели целочисленного линейного программирования очень похожи. Нельзя ли их объединить в одну общую модель, как это сделано для алгоритма ВВМ ветвей и границ?
3. Отсутствуют доказательства достижимости гарантированной оценки точности приближенных алгоритмов.
4. Замечено несколько опечаток в тексте и в формулах. Общее оформление работы имеет незначительные погрешности, впрочем, не влияющие на понимание текста.
5. Не совсем понятна логика разбиения текста на главы: первая часть третьей главы содержит описание точных алгоритмов решения задач кластеризации, а вторая её часть – вычислительные эксперименты, обобщающие как результаты третьей главы, так и двух предыдущих. Возможно, стоило вынести экспериментальную часть в отдельную главу?

Указанные замечания никак не умаляют значимости для теории и практики результатов диссертационной работы.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа А.В. Моршнина «Приближенное и точное решение различных вариантов задачи кластеризации вершин графа» соответствуют паспорту научной специальности 01.01.09 — «Дискретная математика и математическая кибернетика». Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для развития дискретной оптимизации и исследования операций.

Считаю, что диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Моршинин Александр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — «Дискретная математика и математическая кибернетика».

Доцент кафедры алгебры, геометрии и дискретной математики
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,

к. ф.-м. н., _____ Мокеев Дмитрий Борисович
«__» апреля 2022 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,
адрес: 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
телефон: +7 831 462-30-03,
e-mail: unn@unn.ru

Подпись доцента Мокеева Д.Б. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета _____ Черноморская Л.Ю.