

УТВЕРЖДАЮ

Директор федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
«Институт математики им. С.Л. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук»,  
член-корр. РАН С.С. Гончаров



3 сентября 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Шангина Романа Эдуардовича

**Разработка и анализ алгоритмов решения задачи размещения графа,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности  
05.13.17 — Теоретические основы информатики

Диссертационная работа Р.Э. Шангина посвящена исследованию одной из важнейших задач в теории размещений — дискретной задаче Вебера. Она тесно связана с широко известными квадратичной задачей о назначениях и задачей о  $p$ -медиане. В общем случае исследуемая задача является NP-трудной и неаппроксимируемой, если классы P и NP не совпадают. В связи с этим автор основное внимание уделяет поиску полиномиально разрешимых частных случаев задачи и подклассов, позволяющих быстро находить приближенные решения с гарантированной оценкой точности. Таким образом, тема диссертационной работы Р.Э. Шангина без сомнения **является актуальной** и представляет как теоретический, так и практический интерес. Разработанные Р.Э. Шангиным алгоритмы реализованы в виде компьютерных программ, а их эффективность подтверждена многочисленными вычислительными экспериментами. Результаты диссертации, безусловно, **представляют ценность** для развития дискретной и комбинаторной оптимизации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении формулируются цели и задачи исследования, указывается научная новизна и значимость работы, ее апробация и краткое содержание.

Первая глава носит вводный характер. В ней приводится точная постановка исследуемой задачи, ее связь с непрерывной задачей Вебера и обзор известных результатов.

Во второй главе представлены точные полиномиальные алгоритмы решения дискретной задачи Вебера для графов специального вида, а именно, для  $k$ -деревьев и  $k$ -цепей. Основная идея разработанных алгоритмов базируется на технике динамического программирования.

В третьей главе представлены полиномиальный алгоритм Арх с гарантированной оценкой точности и метаэвристика ApxGA с апостериорной оценкой точности. Показано, что для простых циклов алгоритм Арх является асимптотически точным, а за время  $O(n^3)$ ,  $n$  – число вершин графа, он позволяет находить приближенное решение, отклоняющееся от оптимума не более чем в 2 раза. Для произвольных графов найдены условия, при которых алгоритм Арх является 2-приближенным алгоритмом. С практической точки зрения наиболее успешным оказался генетический алгоритм ApxGA, использующий алгоритм Арх для построения начальной популяции и решения задачи оптимального кроссинговера.

В четвертой главе представлены результаты вычислительных экспериментов. Проведен анализ времени работы точных и приближенных алгоритмов в зависимости от плотности графов и числа вершин. Показано сравнение с коммерческим пакетом IBM ILOG CPLEX и известной метаэвристикой поиска с чередующимися окрестностями. Получены рекомендации по применению разработанных алгоритмов.

Все результаты диссертации **строго обоснованы**, являются **новыми** и получены автором **самостоятельно**. Они опубликованы в научной печати и прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях в различных городах России. Автореферат достаточно **полно и правильно** отражает содержание диссертации.

Остановимся на некоторых замечаниях к работе.

1. На стр. 41 формулируются некоторые свойства  $k$ -деревьев, но первое свойство противоречит четвертому.
2. На стр. 80 в Утверждении 3.1 неверно установлена вычислительная сложность алгоритма ApxGA. На каждой итерации генетического алгоритма используется процедура локального спуска по окрестности  $N_1$ , а затем по окрестности Кернигхана-Лина. Мощность окрестности  $N_1$  действительно квадратична,  $O(n^2)$ , но для каждого соседнего решения требуется еще вычислить значение целевой функции. Более того, число самих локальных улучшений тоже требует оценки. Оно может оказаться экспоненциальным, как например, в задаче о  $p$ -медиане (см. E. Alekseeva, Yu. Kochetov, A. Plyasunov. *Complexity of*

*local search for the p-median problem // European Journal of Operational Research 191 (2008) 736–752.)* Аналогичные сомнения вызывает и оценка трудоемкости локального спуска по окрестности Кернигхана–Лина.

3. Стр. 85. Из каких интервалов выбирались входные параметры тестовых примеров? Сказать, что использовалось равномерное распределение явно недостаточно.

4. Таблицы 4.4 и 4.5 на стр. 86 содержат средние значения для  $\varepsilon$  и  $\delta$ , но ничего не говорится о дисперсиях этих случайных величин. За счет высокой дисперсии можно заметно сократить погрешность получаемых решений.

5. Стр. 94. Последнее предложение в четвертой главе. Утверждается, что алгоритм ArxGA для полученного решения позволяет определить, насколько далека его стоимость от оптимума в худшем случае. Слова про худший случай здесь явно лишние.

Указанные недостатки не влияют на высокую оценку качества работы. Тематика и содержание работы **соответствуют** специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики. Полученные результаты рекомендуются к использованию в ИММ УрО РАН, ИМ СО РАН, ВЦ РАН при разработке эффективных алгоритмов решения дискретных задач размещения, а также к включению в специальные курсы по методам комбинаторной оптимизации и исследованию операций для студентов математических специальностей университетов.

Диссертационная работа Р.Э. Шангина удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует критериям действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Шангин Роман Эдуардович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики.

Диссертация обсуждена на семинаре отдела теоретической кибернетики ИМ СО РАН 18 июня 2015 года.

Ведущий научный сотрудник ИМ СО РАН  
д.ф.-м.н., профессор  
Ю.А. Кочетов

