

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ушакова Антона Владимировича «Нелинейный вариант задачи о p -медиане и пороговая робастность допустимых решений в дискретных задачах размещения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике)

Многие прикладные задачи, возникающие в технике, экологии, экономики и других областях, естественным образом моделируются с помощью задач оптимального размещения. Однако большинство таких оптимизационных задач является NP-трудными, что существенным образом сказывается на разработке алгоритмов их решения, а потому является актуальным направлением исследований современной теории оптимизации.

Диссертация Ушакова А.В. посвящена исследованию нелинейных обобщений двух известных классических дискретных задач размещения – задачи о p -медиане и задачи размещения без ограничения на мощность производства. Известно, что рассматриваемые задачи, несмотря на длительную историю исследований, по-прежнему вызывают большой интерес научного сообщества, который в частности мотивирован широкой областью приложений, в том числе в таких областях как кластеризация и интеллектуальный анализ данных. В диссертации исследуются нелинейные варианты представленных дискретных задач размещения, которые позволяют учитывать такие естественные экономические факторы как эффект масштаба и неопределенность спроса клиентов с течением времени. Для такого рода задач в диссертации предложены и исследованы методы поиска приближенных решений, основанные на применении так называемого метода релаксаций Лагранжа, современных эвристических методов фиксирования переменных и методов многокритериальной оптимизации. В связи с высокой сложностью дискретных задач размещения, требующих больших вычислительных затрат, в диссертации также предлагается параллельный алгоритм поиска нижней оценки оптимального значения задачи о p -медиане, который может с успехом применяться для примеров большой размерности.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Введение, помимо общей характеристики работы, содержит

довольно подробный обзор современных методов и подходов к решению дискретных задач размещения, в особенности задачи о p -медиане. Первая глава также является по большей части обзорной. В ней дается постановка задачи, подробно излагается ряд важных для дальнейшего изложения теоретических результатов относительно двойственности по Лагранжу в задачах целочисленного линейного программирования, приводится обзор методов поиска решений в двойственной по Лагранжу задаче. Основным результатом главы является новая схема распараллеливания метода поиска нижних оценок оптимального значения задачи о p -медиане, основанная на построении и решении двойственной по Лагранжу задачи специальным субградиентным алгоритмом и методом генерации столбцов. В конце главы представлены результаты вычислительных экспериментов, иллюстрирующие эффективность разработанного параллельного алгоритма для задач рекордной размерности.

Во второй главе исследуется задача о p -медиане с нелинейной целевой функцией, учитывающей за счет дополнительного нелинейного слагаемого отрицательный или положительный эффект масштаба, связанный с размещением набора предприятий. В то же время количество размещаемых предприятий не фиксировано и представляет собой целочисленную переменную. Интересное приложение такой модели возникает в области кластерного анализа при неизвестном заранее числе искомых кластеров. В главе исследованы два вида двойственных по Лагранжу задач относительно разных групп ограничений. В обоих случаях получены явные формулы подсчета значений целевой функции двойственной задачи и прямых переменных. Показано, что в зависимости от вида нелинейного слагаемого целевой функции исследуемой задачи, есть возможность более эффективно вычислять значения целевой функции двойственной по Лагранжу задачи, что важно при решении примеров большой размерности. Полученные теоретические результаты использованы для разработки метода поиска приближенных решений в нелинейном варианте задачи о p -медиане, идея которого состоит в последовательном улучшении последовательности нижних и верхних оценок оптимального значения. Для поиска нижних оценок разработан метод релаксаций Лагранжа, основанный на последовательном решении серии двойственных по Лагранжу задач специальным субградиентным алгоритмом. Для поиска верхних оценок разработан вариант так называемой ядровой эвристики. Предложенный алгоритм реализован и протестирован на тестовых задачах из известных в литературе библиотек, а также искусственно сгенерированных примерах большой размерности. Проведено сравнение результатов вычислений с современными

коммерческими решателями, убедительно демонстрирующее высокую эффективность предложенного в диссертации алгоритма.

В третьей главе исследуется один из подходов к робастности допустимых решений в дискретных задачах размещения на примере двух классических моделей. Предлагаются новые нелинейные бикритериальные постановки задачи о p -медиане и простейшей задаче размещения, в которых дополнительный критерий максимизирует робастность искомых решений. Робастность решения понимается как минимальное изменение спроса клиентов, ведущее к превышению заданного бюджета на их обслуживание. Ушаковым А.В. предложен алгоритм поиска аппроксимации множества Парето-оптимальных решений, основанный на известном методе главного критерия. Доказано, что генерируемая алгоритмом последовательность точек представляет собой так называемые δ -эффективные решения. В конце главы представлены результаты вычислительного эксперимента на большом числе известных тестовых задач, демонстрирующие эффективность предложенного в диссертации подхода.

В заключении перечислены основные результаты диссертационной работы.

По работе возникли следующие замечания.

1. В главе 1 большое внимание уделено субградиентной технологии минимизации негладких выпуклых функций. Известно, что данная технология может давать медленную сходимость. Отмечая этот факт, автор, тем не менее, не стал использовать другие вычислительные схемы решения негладких выпуклых задач оптимизации, например, схему методов первого порядка, развиваемую в работах А. Немировского. Возможно, это дало бы больший вычислительный эффект.
2. Почему в работе не используется SDP-методология (методология полуопределённого программирования), широко применяемая для решения многих задач дискретной оптимизации, в том числе и использованием двойственных оценок?
3. В обзорной части третьей главы упоминается стохастическое программирование. Возможно ли для исследуемых задач пороговой робастности применение теории и методов решения задач стохастического программирования с ограничениями по вероятности (используемые в технических моделях, связанных с надёжностью)?
4. Терминологическое замечание. В отечественной литературе термин *two-stage problem* переводится как *двухэтапная*, а не *двухстадийная* задача, как это напечатано на стр. 104.
5. Было бы интересно увидеть сравнение методов аппроксимации множества Парето, предлагаемых в работе, с аналогичными,

разрабатываемыми в работах Ю.Г. Евтушенко, А.В. Лотова, М.А. Посыпкина.

В целом, сделанные замечания не снижают научной значимости работы, диссертация Ушакова А.В. является законченным научным исследованием, результаты которого имеют многочисленные практические приложения. В диссертации предложены новые методы, которые показали высокую эффективность на тестовых примерах. Эти методы, несомненно, практически ценны и востребованы. Результаты диссертационной работы опубликованы в 22 печатных работах, в том числе в пяти статьях в рецензируемых журналах из перечня рекомендованного ВАК, прошли апробацию на международных и российских конференциях и семинарах, а также полностью соответствуют паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике). Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Подводя итог всему вышеизложенному, считаю, что диссертация А.В. Ушакова «Нелинейный вариант задачи о p -медиане и пороговая робастность допустимых решений в дискретных задачах размещения» полностью соответствует требованиям действующего на настоящий момент «Положения о порядке присуждения ученых степеней» а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01.

Официальный оппонент:

Зав. отделом прикладной математики №90

Института систем энергетики

имени Л.А. Мелентьева СО РАН,

доктор физико-математических наук,

доцент

ул. Лермонтова, 130,

Иркутск, 664033,

8(3952) 500-646 (доб. 261)

khamisov@isem.irk.ru

