



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИДСТУ СО РАН
академик РАН

И.В. Бычков

«07» 06 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова
Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН)

Диссертация «Нелинейный вариант задачи о p -медиане и пороговая робастность допустимых решений в дискретных задачах размещения» выполнена в лаборатории 3.3. Невыпуклой оптимизации ИДСТУ СО РАН.

Ушаков Антон Владимирович в 2009 г. окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет», Институт математики, экономики и информатики, специальность — «Прикладная математика». В период подготовки диссертации соискатель работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории 3.3. Невыпуклой оптимизации на должности программиста.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институте динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Васильев Игорь Леонидович, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация А.В. Ушакова посвящена исследованию обобщений задачи о p -медиане и задачи размещения без учета мощности производства, а также разработке методов их решения.

Тема диссертации и научный руководитель утверждены на заседании Ученого совета ИДСТУ СО РАН, протокол № 13 от 2009 г.

Исследования по теме диссертационной работы проводились автором в период 2009–2016 гг. в рамках проектов СО РАН:

- программ фундаментальных научных исследований СО РАН III.24.1.2. «Нелокальные методы в теории управления динамическими

системами» (№ гос. регистрации 01201001345), IV.35.1.1. «Информационно-вычислительные технологии в системах поддержки принятия решений на основе оптимизационных моделей и методов» (№ гос. регистрации 01201351945),

- междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 21 «Исследование закономерностей и тенденций развития самоорганизующихся систем на примере веб-пространства и биологических сообществ»,

а также грантов РФФИ (проекты № 12-01-31198-мол_a, № 12-07-33045-мол_a_вед, № 14-07-00382-a).

Актуальность темы. Несмотря на длительную историю, дискретные задачи размещения представляют собой актуальное направление исследований, что вызвано их широким спектром практических приложений и высокой сложностью. Исследуемые в диссертационной работе задача о р-медиане и простейшая задача размещения являются одними из базовых, классических моделей дискретных задач размещения. Так, задача о р-медиане представляет собой естественно интерпретируемую модель размещения, применяемую как непосредственно в области выбора мест расположения предприятий и объектов инфраструктуры, так и в области стандартизации и унификации, оптимального замещения в автомобильной промышленности, кластерного анализа и др. В рамках последней области приложений дискретные задачи размещения нашли свое применение в биоинформатике, экологической географии, автоматическом распознавании дефектов и других областях науки и технологий. Большинство современных приложений дискретных задач размещения, особенно в области кластеризации и интеллектуального анализа данных, требуют решения практических примеров большой размерности, не поддающихся современным точным и эвристическим методам. Это стимулирует все большее внимание исследователей к разработке новых алгоритмов, в том числе с применением современных средств и методов параллельных и распределенных вычислений, что подтверждено возрастающим интересом к подобного рода технологиям со стороны компаний, разрабатывающих и предлагающих коммерческие решатели. К настоящему времени задача о р-медиане, как и другие классические дискретные задачи размещения, является довольно хорошо изученным объектом. Поэтому в настоящий момент большое число исследований посвящено различным обобщениям классических моделей, учитывающим различные экономические эффекты, такие, например, как эффект масштаба. Так, ряд интенсивно изучаемых в настоящий момент обобщений дискретных задач размещения связан с наличием естественных экономических факторов, влияющих на стоимость производства, размещения предприятий или доставку продукции от предприятий к клиентам в зависимости от объема необходимой продукции, что может приводить к нелинейным задачам дискретной оптимизации. Развитие другого класса нелинейных обобщений стимулируют различные экономические и урбанистические факторы, связанные с естественным

изменением во времени различных данных задачи (спроса клиентов, расстояния между предприятиями и клиентами и т.д.). Наличие таких задач и нелинейных постановок, все более точно отражающих естественные экономические процессы, часто приводит к моделям, структура которых существенно отличается от классических дискретных задач размещения и требует разработки новых техник и алгоритмов их решения. В диссертации проводится исследование именно таких нелинейных обобщений дискретных задач размещения, а также возможности применения методов параллельных вычислений для поиска решений в дискретных задачах размещения.

Основные результаты диссертации и их новизна:

1. Для нелинейного варианта задачи о r -медиане для двух видов релаксации получены явные формулы вычисления значений целевых функций двойственных задач и прямых переменных для некоторого фиксированного набора множителей. Разработан и протестирован алгоритм поиска приближенных решений, показавший свою эффективность для задач большой размерности.
2. Предложены новые бикритериальные нелинейные постановки задачи о r -медиане и простейшей задачи размещения с дополнительным критерием, максимизирующим робастность решения. Разработан и протестирован алгоритм поиска приближенных Парето-оптимальных (δ -эффективных) решений в данных задачах.
3. Разработан и протестирован параллельный алгоритм поиска нижних оценок оптимального значения в классической задаче о r -медиане, включающий в себя процедуру каскадной сборки данных и специальную модель хранения данных и показавший эффективность для задачи о r -медиане большой размерности.

Теоретическая и практическая значимость. Диссертационная работа носит как теоретический, так и экспериментальный характер. Полученные теоретические результаты позволили разработать алгоритм поиска приближенных решений для нелинейной задачи о r -медиане, имеющей естественное практическое приложение в региональной экономике и анализе данных. Реализованный в виде программы разработанный алгоритм может успешно применяться при решении практических задач большой размерности. Предложенные бикритериальные постановки дискретных задач размещения демонстрируют новый подход к поиску решений при условии неопределенных начальных данных задачи, который также может быть успешно применен и для других более сложных постановок дискретных задач размещения, а также непосредственно для размещения объектов инфраструктуры при неопределенности величины спроса. Предложенный параллельный алгоритм поиска нижних оценок оптимального значения может служить основой для высокоэффективных параллельных алгоритмов поиска решений в задаче о r -медиане большой размерности, а также ее обобщений. Полученные с помощью программно реализованного параллельного алгоритма нижние оценки для задач большой размерности могут быть использованы как в точных методах, так и для

оценки качества решения, получаемого с помощью современных эвристических и метаэвристических алгоритмов.

Достоверность результатов и выводов диссертации обусловлена применением апробированных методов и подходов исследования операций и математического программирования, а также современных технологий параллельных вычислений, и подтверждается результатами обширных вычислительных экспериментов. Результаты диссертации опубликованы в 22 печатных работах, в том числе в 5 статьях в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций. Основные публикации:

1. Васильев И.Л., Ушаков А.В. Релаксации Лагранжа для нелинейной задачи о p -медиане // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 45-59.
2. Васильев И.Л., Ушаков А.В. Об одном подходе к робастности решения в задаче о p -медиане // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Математика. – 2012. – Т. 5, № 4. – С. 2-15.
3. Васильев И.Л., Ушаков А.В. Параллельная реализация субградиентного алгоритма для максимизации двойственной функции Лагранжа в задаче о p -медиане // Вычислительные методы и программирование. – 2011. – Т. 14. – С. 9-16.
4. E. Carrizosa, A. Ushakov, I. Vasilyev. A computational study of a nonlinear minsum facility location problem // Comput. Oper. Res. – 2012. – V. 39, № 11. – P. 2625-2633.
5. E. Carrizosa, A. Ushakov, I. Vasilyev. Threshold robustness in discrete facility location problems. A bi-objective approach // Optim. Lett. – 2015. – V. 9, № 7. – P. 1297-1314.
6. S. Hanafi, C. Sterle, A. Ushakov, I. Vasilyev. A parallel subgradient algorithm for Lagrangean dual function of the p -median problem // Studia Informatica Universalis. – 2011. – V. 9, № 3. – P. 105-124.
7. E. Carrizosa, A. Ushakov, I. Vasilyev. A lagrangean heuristic for a nonlinear minsum facility location problem // Proceedings of OR Peripatetic Post-Graduate Programme (ORP³-2011). ACTAS. Cádiz: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz, – 2011. – P. 187-192.

В работах [1, 4, 7] опубликованы результаты, касающиеся исследования релаксаций Лагранжа для нелинейной модификации задачи о p -медиане, разработки метода поиска решений в такой задаче и вычислительных экспериментов. Результаты исследования пороговой робастности допустимых решений в дискретных задачах размещения на примере простейшей задачи размещения и задачи о p -медиане опубликованы в статьях [2, 5]. В работах [3, 6] разработан новый параллельный алгоритм поиска нижних оценок оптимального значения в задаче о p -медиане. Все результаты, выносимые на защиту, получены автором самостоятельно. В совместных публикациях Э. Каррисоса (E. Carrizosa) и И.Л. Васильеву принадлежат идеи исследования нелинейных обобщений задачи о p -медиане и простейшей задачи размещения. Разработка и программная реализация

параллельного алгоритма поиска нижних оценок оптимального значения в задаче о p -медиане осуществлялась автором лично. Из совместной публикации с С. Ханафи (S. Hanafi) и К. Стерле (C. Sterle) на защиту выносятся только результаты, полученные автором самостоятельно.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих российских и международных конференциях: Всероссийские и международные научные конференции «Проблемы оптимизации и экономические приложения» (г. Омск, 2009, 2012, 2015 гг.); Российские и международные научные конференции «Дискретная оптимизация и исследование операций», (респ. Алтай, 2010 г., г. Новосибирск, 2013 г.); научная конференция «Ляпуновские чтения & презентация информационных технологий» (г. Иркутск, 2010, 2011, 2012 гг.); Байкальская международная школа-семинар «Методы оптимизации и их приложения», (пос. Листвянка, 2011 г., о-в Ольхон, 2014 г.); международная программа Ассоциации Европейских Обществ Исследования Операций для аспирантов ORP³-2011 (Испания, г. Кадис, 2011 г.); XII Прибайкальская школа-семинар молодых ученых «Моделирование, оптимизация и информационные технологии» (г. Иркутск, 2012 г.); XIV Российская конференция с международным участием «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (г. Новосибирск, 2012 г.); III Всероссийская научная конференция «Математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях» (г. Иркутск, 2013 г.); II Российско-монгольская конференция молодых ученых по математическому моделированию, вычислительно-информационным технологиям и управлению (Россия г. Иркутск – Монголия, пос. Ханх, 2013 г.); 26-ая Европейская конференция по исследованию операций (Италия, г. Рим, 2013 г.)

Кроме того, результаты диссертационной работы неоднократно обсуждались на научных семинарах в Институте динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, Институте математики им. С.Л. Соболева СО РАН, а также на семинарах в Институте математики Севильского университета (Испания).

Соответствие диссертации паспорту специальности. В соответствии с паспортом специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике) в диссертации проведено теоретическое исследование задач дискретной оптимизации, разработаны и программно реализованы методы поиска решений в таких задачах, предложены и формализованы новые постановки оптимизационных задач, разработано специальное математическое и алгоритмическое обеспечения для решения задач дискретной оптимизации (пп. 1, 2, 4, 5 области исследования).

Диссертация А.В. Ушакова является самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые модели и результаты исследований нелинейных обобщений дискретных задач размещения, включая методы поиска. Работа удовлетворяет всем

требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Нелинейный вариант задачи о p -медиане и пороговая робастность допустимых решений в дискретных задачах размещения» А.В. Ушакова рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике).

Заключение принято на заседании Семинара ИДСТУ СО РАН по дифференциальным уравнениям, управлению и системному анализу. Присутствовало на заседании 27 человек. Результаты голосования: «за» — 26 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел., протокол № 9 от 19.05.2016.



Дыхта Владимир Александрович
зав. отд. 2 Управления и системного анализа,
д.ф.-м.н., профессор