

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)

Диссертация Ушакова А.В. посвящена исследованию задач дискретной оптимизации – задачи о p -медиане и простейшей задачи размещения – а также их нелинейных обобщений. Известно, что эти задачи являются NP-трудными в сильном смысле, а получение полиномиальных алгоритмов с константной оценкой точности влечет совпадение классов P и NP. Эти задачи по-прежнему привлекают большое внимание исследователей, что связано, прежде всего, с их широкой областью применения в технике, экологии и экономике. Поскольку классические дискретные задачи размещения являются достаточно общими моделями размещения, основное внимание в диссертации уделяется исследованию различных нелинейных вариантов таких задач, более точно отражающих реальные экономические процессы и учитывающих ряд дополнительных условий и предположений. Так, исследуемый в диссертации нелинейный вариант задачи о p -медиане предполагает решение задачи размещения предприятий с учетом такого экономического фактора как положительный или отрицательный эффект масштаба, что приводит к модели нелинейного целочисленного программирования. Другой вариант обобщений классических моделей, также рассматриваемый в диссертации, предполагает исследование так называемых робастных постановок, т.е. вариантов дискретных задач размещения с некоторыми неопределенными параметрами, например, спросом клиентов. Однако все более точное воспроизведение реальных экономических процессов существенно влияет на структуру задач и их вычислительную сложность. В диссертации особое внимание уделено разработке численных методов решения представленных дискретных задач размещения, поэтому актуальность исследований не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии, содержащей 280 наименований. В первой главе приводится обзор предшествующих исследований, известная техника лагранжевых релаксаций и новый эффективный метод распараллеливания вычислений при подсчете нижних оценок оптимума. Для задачи о p -медиане новая схема распараллеливания субградиентного алгоритма позволила найти нижние оценки оптимума для задач рекордной размерности, в которых число клиентов и возможных пунктов размещения достигает одного миллиона.

Вторая глава посвящена исследованию задачи о p -медиане с нелинейной целевой функцией, учитывающей эффект масштаба, связанный с размещением предприятий. Число открываемых предприятий не фиксировано, а задается целочисленной переменной. Автором проведен анализ двух типов лагранжевых релаксаций задачи, которые построены путем ослабления различных групп ограничений. Получены явные формулы подсчета значений лагранжевых двойственных функций и прямых переменных задачи для некоторых фиксированных наборов двойственных переменных. В зависимости от вида и свойств нелинейного члена целевой функции, например, выпуклости или строгой монотонности, доказан ряд теоретических результатов, позволяющих упростить вычисления. Кроме того, Ушаковым А.В. разработан метод поиска приближенных решений, основанный на последовательном улучшении нижних и верхних оценок оптимума с помощью метода субградиентной оптимизации, а также ядровой эвристики. Эффективность предложенного метода продемонстрирована как на примерах, сгенерированных с помощью датчика псевдослучайных чисел, так и на известных тестовых примерах большой размерности.

Третья глава посвящена другому обобщению задачи о p -медиане и простейшей задачи размещения. Для рассматриваемых задач исследуется один из универсальных подходов к определению робастности допустимых решений, предложенный ранее для случая непрерывных задач размещения. Робастность решения определяется как величина изменения спроса клиентов, приводящая к превышению заданного бюджета на обслуживание клиентов. Предложены новые бикритериальные постановки задач, в которых присутствует критерий максимизации робастности решений. Предложен алгоритм поиска аппроксимации множества Парето-оптимальных решений, основанный на известном методе главного критерия. Его основной особенностью является правило изменения

шага. Показано, что последовательность точек, генерируемая разработанным алгоритмом, представляет собой множество так называемых δ -эффективных решений. Проведен обширный вычислительный эксперимент на большом числе тестовых примеров, показывающий эффективность предложенного подхода.

В заключении диссертации приводится перечень основных результатов работы.

По работе возникли следующие замечания:

1. На стр. 33 приводится рекуррентное правило (1.17) для выбора последовательности $\{x^k\}$, в котором используется оператор P_X . Он не определяется и не обсуждается, но по смыслу последовательности $\{x^k\}$ можно догадаться, что это оператор проектирования на множество допустимых решений X . Однако на следующей странице этот же оператор используется для двойственных переменных в другом пространстве.
2. На стр. 38-39 приводятся описания алгоритмов 1.1–1.3, но без оценок их трудоемкости и памяти. Непонятно, являются ли эти алгоритмы полиномиальными.
3. В разделе 1.2.4 приводится описание субградиентного алгоритма и специального метода генерации столбцов для задачи о p -медиане. Я согласен, что этот метод оперирует только с частью переменных и по ходу работы подключает новые переменные в надежде, что большая их часть останется не востребованной. Идея метода генерации столбцов присутствует, но двойственная задача не решается, и новые переменные выбираются очевидным образом без решения так называемой *Pricing Problem*. Так как для задачи о p -медиане известны и другие методы генерации столбцов, то было бы уместно их упомянуть и подчеркнуть отличия и достоинства.
4. На стр. 70 вводится обозначение $\Psi^* = \min_{(x,y,p) \in X_2} \Psi(x,y,p)$ для неизвестной функции Ψ . Далее это обозначение нигде не используется.
5. В разделе 3.1.1 приводится классификация моделей, учитывающих неопределенность в исходных данных. Для задач стохастического программирования выделяются задачи оптимизации математического ожидания некоторой целевой функции, но ничего не говорится про задачи с квантильным критерием. Такие задачи исследуются, в частности, в МАИ под руководством проф. А.И. Кибзуна, в том числе и дискретные модели размещения.

Указанные недостатки не влияют на высокую оценку выполненных исследований.

Результаты диссертации являются новыми и актуальными, имеют теоретическое и прикладное значение. Их достоверность обусловлена использованием современных научных методов, корректностью математических выкладок, подтверждается вычислительными экспериментами и не вызывает сомнений. Результаты диссертационной работы опубликованы в 22 печатных работах, в том числе в рецензируемых журналах из списка ВАК (5 статей), докладывались на различных российских и международных научных конференциях и семинарах. Диссертация написана ясным математическим языком, сопровождается иллюстративным материалом. Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа А.В. Ушакова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, полностью соответствующую паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике, экологии и экономике). Считаю, что диссертация соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Ушаков А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник Института математики имени С.Л. Соболева СО РАН,
доктор физико-математических наук,
профессор



Ю.А. Кочетов

630090, г. Новосибирск, ИМ СО РАН,
пр. академика Коптюга, 4
тел.: +7 (383) 329-75-83
e-mail: jkochet@math.nsc.ru

