

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на работу
диссертационного совета на диссертацию Ложкинса Алексея на
тему: «Задача надежного размещения хабов в условиях неопределенности в спросе и
выручке», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ.

Актуальность темы исследования.

Диссертационная работа посвящена исследованию и решению задачи определения конфигурации сети, а именно размещения хабов с целью максимизации прибыли или минимизации отклонений затрат в условиях неопределенности спроса и выручки. Подобные задачи возникают в любой сфере деятельности человека, где коммуникации определяются сетевой структурой. Примером таких сетей могут служить сети воздушного и наземного сообщения для перевозки пассажиров и грузов. Оптимальная в некотором смысле расстановка хабов позволит существенно сократить издержки и увеличить прибыль. **Актуальность** рассматриваемой проблемы не вызывает сомнений. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для решения практических задач в настоящем или модифицированном под имеющиеся начальные данные виде. Также несомненную актуальность имеет вероятностный подход к моделированию спроса и выручки. Так называемый сценарный подход повсеместно используется в бизнесе с целью учета возможных рисков при нахождении оптимальных решений. В работе используется такой подход, что позволяет как можно точнее учитывать случайный характер развития «рынка».

Содержание работы.

Объем диссертационной работы составляет 101 страницу на русском языке и включает введение, четыре главы, заключение и список литературы из 70 наименований. **Первая глава** посвящена обзору литературы, современного состояния науки в данной области. Во **второй главе** автор описывает предложенную статистическую процедуру оценки надежности количества хабов в сети в условиях неопределенности в спросе. Критерием выбора сети хабов является оценка риска портфеля типа VaR. Здесь же подробно описываются этапы метода, а именно, создание выборки оптимальных сетей хабов, полученных при случайных генерациях спроса, и оценка статистических показателей устойчивости количества хабов. Здесь же автором продемонстрировано применение метода bootstrap с целью исследования среднего значения и среднеквадратического отклонения частот сменяемости сети хабов.

В **третьей главе** предложена нелинейная и эквивалентная ей линейная задачи надежного размещения хабов с целью минимизации затрат и ожидаемых абсолютных отклонений транспортных затрат в условиях неопределенности спроса. Предложенная автором целевая функция позволяет учитывать два критерия и сводит многокритериальную задачу к однокритериальной сверткой критериев. Степень важности критериев регулируется весовым

коэффициентом. Здесь же вводится понятие надежности сети хабов. Описаны алгоритмы решения поставленной задачи: классический алгоритм разложения Бендерса и алгоритм разложения Бендерса с Парето-оптимальными сечениями оптимальности, представлены результаты численного эксперимента, проведено их обсуждение.

В **четвертой главе** предложены математические модели надежного размещения хабов с целью максимизации ожидаемой прибыли, минимизации ожидаемых потерь и ожидаемых отклонений функции выручки в условиях неопределенности в спросе и выручке. Предложены нелинейные и эквивалентные линейные постановки задач при неопределенности в спросе и детерминированной выручке, неопределенности в спросе и выручке, в также задача минимизации отклонений общей ожидаемой выручки при неопределенности в спросе и выручке и минимизации отклонений выручки по направлениям. Здесь приводятся четыре алгоритма решения поставленных задач, разработанные автором. Представлены результаты численного эксперимента на известных данных, проводится обсуждение результатов численных экспериментов.

В **заключении** сформулированы основные выводы работы.

Научная новизна.

В задаче размещения хабов в условиях неопределенности в спросе автором была предложена новая статистическая процедура оценки устойчивости сети хабов, в основе которой лежит имитационное моделирование. Для предложенной нелинейной задачи размещения хабов в условиях неопределенности в спросе доказана эквивалентная формулировка задачи смешанного целочисленного линейного программирования с целевой функцией минимизации общих затрат сети и ожидаемого абсолютного отклонения транспортных затрат. Для сформулированной автором нелинейной задачи размещения хабов с целью минимизации функцией прибыли в условиях неопределенности спроса и выручки получена эквивалентная формулировка задачи смешанного целочисленного линейного программирования минимизации ожидаемой прибыли, минимизации ожидаемых потерь и абсолютного отклонения выручки. Автором разработаны новые алгоритмы на основе декомпозиции Бендерса с использованием различного рода сечений: Парето-оптимальных, максимальных недоминируемых и гибридных.

Хочется особо отметить **новизну моделей**, предложенных в работе, по сравнению с имеющимися моделями, которая заключается в сценарном подходе к анализу окружающей среды, а также в комбинации нескольких критериев. Такие модификации существующих моделей позволяют получить новые результаты, более устойчивые к изменениям в спросе, а тем самым, имеющие более широкое применение на практике.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическую значимость работы представляют новые математические модели, предложенные автором для решения задач расстановки хабов при различных критериях оптимальности. Для нелинейных задач предложены эквивалентные формулировки линейных задач, решение которых приводится в работе. Для всех представленных задач сформулированы алгоритмы их решения, написаны программы, реализующие эти

алгоритмы, проведены множественные численные эксперименты. Несомненную **практическую значимость** представляют собой сформулированные задачи и их решения проблемы размещения хабов в авиа- и наземных транспортных сетях, в телекоммуникационных сетях при размещении точек доступа для выхода в Интернет, а также при расстановке вышек мобильной связи. Практическая значимость написанных программ подтверждается свидетельством об их государственной регистрации.

Степень обоснованности научных положений.

Результаты работы А. Ложкинса были доложены на пяти международных конференциях. Основные результаты диссертации были опубликованы в 10 печатных изданиях, включая 3 статьи в журналах, индексируемых в базах Scopus и Web of Science (пп. 8-10 в списке литературы на стр. 89), 4 тезиса докладов, 2 статьи в сборниках трудов конференции, 1 статья в трудах конференции, индексируемых в библиографических базах данных Scopus и Web of Science. Автором получено свидетельство о государственной регистрации 2 программ для ЭВМ (пп. 11-12 в списке литературы на стр. 89). Содержание диссертации соответствует специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Замечания к диссертационной работе.

Диссертационная работа А. Ложкинса не содержит серьезных недостатков, однако у меня имеется несколько **замечаний** и вопросов к работе:

1. Во введении уже на первых строках говорится о надежности сети хабов, но понятие это вводится гораздо позже. Мне кажется, что нужно было бы сразу дать определение надежности или хотя бы объяснить словами, что под ним понимается.

2. На стр. 21 определяется стоимость перемещения единицы потока по маршруту, в которой задействовано два хаба, но написано, что могут быть потоки, использующие один или два хаба. Учитываются ли в условии (2.2) потоки, проходящие через один хаб? Можно ли обобщить задачу на случай, когда маршруты могут проходить через 3 и более хабов? Это актуально для больших по площади стран, таких как Россия. Насколько в этом случае изменится сложность алгоритма? Можно ли в имеющийся алгоритм добавить маршруты без использования хаба? Это тоже кажется разумным, если начальный пункт маршрута и пункт назначения расположены близко. Можно ли сделать такое предположение и как это повлияет на решение задачи?

3. На стр. 23 дается определение уровня устойчивости сети хабов как среднего показателя схожести сети хабов, но средний показатель схожести сети хабов не определен, поэтому определение нечеткое.

4. Непонятно, что суммируется в правой части равенства (2.7).

5. На стр. 35 написано, что $Q(y)$ — задача оптимизации второго шага, имеющая вид (3.18). В этом случае ожидаешь, что в задачу (3.18) входит y как параметр, но его там нет. Также из формулировки задачи (3.18) непонятно, по какой переменной берется минимум.

6. В Главе 3 важным в математической формулировке задачи является параметр λ . Как мне кажется, в различных прикладных задачах должен использоваться свой интервал значений, возможно определяемый эмпирически. Имеются ли такие практические рекомендации в литературе на этот счет?

7. На стр. 49 в формулировке оптимизационной задачи используются затраты на размещения хаба и спрос. Но затраты на размещения хаба обычно очень большие. О каком спросе идет речь, чтобы сделать затраты на размещение хаба и прибыль от имеющегося спроса соизмеримыми? На стр. 69 при численном моделировании предлагается способ расчета стоимости открытия хаба по спросу W_k , но не дается объяснений за какой период рассматривается спрос. Есть ли другие способы оценки стоимости размещения хаба?

8. В работе имеются опечатки и пунктуационные ошибки.

Указанные замечания не носят принципиальный характер и не влияют на общее хорошее впечатление о работе. Переходя к оценке диссертации в целом, нужно сказать, что она воспринимается как научное исследование, в рамках которого сформулированы новые математические задачи, представляющие несомненный практический интерес, найдены их решения, проведена программная реализация решений.

Заключение.

Диссертация Ложкинса Алексея на тему: «Задача надежного размещения хабов в условиях неопределенности в спросе и выручке» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Ложкин Алексей заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор Кафедры математической теории игр
и статистических решений,
Санкт-Петербургский государственный университет

Е.М. Парилина

02.10.2020 г.