

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Плотникова Павла Владимировича “Решение минимаксных задач размещения на плоскости с прямоугольной метрикой на основе методов идемпотентной алгебры”, представленную к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.17 — “Теоретические основы информатики” и 01.01.09 — “Дискретная математика и математическая кибернетика”

Актуальность избранной темы

Во многих областях возникают оптимизационные задачи, решение которых упрощается, если их описать на языке тропической математики. Примером таких задач могут быть задачи оптимального размещения объектов в некоторой области. Это могут быть задачи размещения центров сбора и обработки данных, собранных системами видеонаблюдения в здании, проектирования систем автоматического пожаротушения в зданиях, оптимального размещения объектов экстренной помощи населению в городах, размещения компонентов на микросхеме и другие важные практические задачи. В этих задачах размещения для вычисления расстояния между объектами часто разумно использовать прямоугольную метрику (l_1 -метрика).

Важно отметить, что только простейшие из таких задач имеют аналитические решения, а более сложные задачи можно решать только численно. Такой подход не позволяет получить все решения аналитически в виде явных формульных зависимостей, удобном для дальнейшего анализа и непосредственных расчетов. Таким образом, существует необходимость в разработке новых методов для получения аналитических решений таких задач с использованием методов тропической математики.

Вышесказанное позволяет утверждать, что тема диссертационного исследования “Решение минимаксных задач размещения на плоскости с прямоугольной метрикой на основе методов идемпотентной алгебры” обладает актуальностью.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором проведен глубокий анализ результатов, полученных в области тропической математики. Выяснилось, что полученные ранее в этой области результаты не позволяют находить аналитические решения минимаксных задач размещения объектов с прямоугольной метрикой. Поэтому требуется

разработка новых математических методов для решения этих задач. С этой задачей автор диссертации успешно справился, при этом он методически корректно использовал известные методы научных исследований, чем обеспечил высокую обоснованность результатов.

В диссертационной работе изучалась минимаксная задача размещения на плоскости с прямоугольной метрикой (задача Ролса), которая была сформулирована на языке идемпотентной алгебры. Задача решалась путем методически грамотного сведения задачи размещения к экстремальным задачам, решение которых было получено с помощью методов тропической математики. Были при этом получены аналитические зависимости, позволяющие на основе известных данных о размещении обслуживаемых объектов (групп населения, камер видеонаблюдения или иных источников потока информации, пожароопасных объектов и др.) найти оптимальные зоны размещения обслуживающих объектов (например, маршрутизаторов, серверов, центров управления систем видеонаблюдения и т.д.).

В решаемых задачах необходимо разместить новый обслуживающий объект так, чтобы минимизировать расстояние от этого объекта до самого удаленного из обслуживаемых объектов (решается минимаксная задача). Обоснованные автором в диссертации результаты позволяют находить не только точку, где размещение будет оптимальным, а выбирать достаточно обширную область оптимального размещения. Это чрезвычайно важно для практики, т.к. позволяет учесть при проектировании, например, информационных систем, возможность наиболее полного использования земельных участков, зданий и сооружений. Кроме того, важной характеристикой предложенного автором решения является простота полученных аналитических решений, что облегчает их использование на практике, т.к. все необходимые научные обоснования и проработки уже выполнены автором диссертации.

Работу отличает логичность изложения материалов. Так, с использованием доказанных теорем, в диссертации разработаны приложения для решения задач оптимального размещения центрального сервера управления в сети локальных коммуникаций и оптимального размещения центра управления системой видеонаблюдения. Рассмотрены задачи оптимального размещения на плоскости с прямоугольной метрикой точечного объекта без ограничений на область размещения, а также с ограничениями. Также поставлена и методически корректно решена минимаксная задача размещения точечного объекта в трехмерном пространстве, которая заключается в поиске оптимального места размещения в трехмерном пространстве нового объекта среди уже имеющегося набора

объектов так, чтобы расстояние от нового объекта до самого дальнего объекта из имеющегося набора было бы минимальным.

Степень достоверности результатов диссертации

Достоверность результатов обеспечивается строгими постановками задач и математическими доказательствами, использованием апробированной методологии и методов исследований, подбором достоверных исходных данных, а также проведением тестовых расчетов с использованием разработанных соискателем программных средств. Кроме того, достоверность результатов подтверждается их близостью к результатами, ранее полученными с использованием альтернативных методов исследования другими специалистами.

Научная новизна результатов исследования

Научная новизна заключается в разработке автором новых, оригинальных математических методов оптимального размещения точечных объектов на плоскости и в пространстве с прямоугольной метрикой. При этом отличие этих методов состоит в том, что они базируются на исследовательских приемах и аналитических инструментах идемпотентной алгебры. Разработанный автором новый научно-методический аппарат позволяет находить решения указанных выше задач в явном виде. Такие решения более удобно, чем численные методы, использовать при решении многих практических задач, и, кроме того, предложенные методы имеют меньшую вычислительную сложность в сравнении с известными численными алгоритмами.

В диссертации получены новые основные результаты, которые можно разделить на две части.

В первой части получены новые результаты в области идемпотентной алгебры, в том числе:

– научно обоснованы математические методы решения класса минимаксных задач, заданных на идемпотентных полуполях с несколькими переменными, которые основаны на решении расширенной задачи в векторной форме с использованием экстремального свойства идемпотентного спектрального радиуса матрицы, а также на процедуре трансформации задачи оптимизации в систему параметризованных неравенств с последующим нахождением всех ее решений (стр. 33-71);

Во второй части эти результаты применяются для решения некоторых научно-практических задач, в том числе:

– получены явные прямые решения минимаксных задач размещения с прямоугольной метрикой на плоскости и в трехмерном пространстве (с ограничениями и без ограничений) для осуществления оптимального выбора

местоположения объектов обработки и хранения информации в информационных системах (стр. 78-100). Для этих решений приведена оценка вычислительной сложности соответствующих алгоритмов (стр. 117-122);

– предложены научно обоснованные рекомендации по применению разработанных аналитических методов для решения задач оптимального размещения центрального сервера управления в сети локальных коммуникаций и оптимального размещения центра управления системой видеонаблюдения для обеспечения высоконадежной обработки информации и помехоустойчивости информационных коммуникаций (стр. 73-77);

– разработана программная реализация алгоритмов численного определения областей оптимального (по минимаксному критерию) размещения точечных объектов на плоскости с прямоугольной метрикой в условиях действия ограничений, базирующаяся на применении методов идемпотентной алгебры (стр. 117-122).

Полученные в диссертации результаты направлены на дальнейшее развитие известных теоретических подходов и математических методов решения научных и технических, фундаментальных и прикладных оптимизационных задач теоретической информатики. Предложенные в диссертации методы решения, в отличие от использовавшихся ранее, основаны на применении инструментария идемпотентной алгебры и математического программирования.

Практическая ценность результатов исследования состоит в том, что они позволяют находить оптимальное решение многих прикладных задач (организация систем видеонаблюдения, проектирование топологии интегральных микросхем, формирование архитектуры телекоммуникационных сетей и др.) размещения объектов на плоскости и в пространстве с прямоугольной метрикой с разнообразными ограничениями (прямая, отрезок прямой, вертикальная или горизонтальная полоса, прямоугольник) на область размещения.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертационного исследования в полной мере соответствует паспорту научной специальности 05.13.17 — “Теоретические основы информатики” (пункты 2. Исследование информационных структур, разработка и анализ моделей информационных процессов и структур; 11. Разработка методов обеспечения высоконадежной обработки информации и обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций для целей передачи, хранения и защиты информации; 16. Общие принципы организации телекоммуникационных систем и оценки их эффективности.

Разработка научных принципов организации информационных служб по отраслям народного хозяйства. Изучение социально-экономических аспектов информатизации и компьютеризации общества), а также 01.01.09 — “Дискретная математика и математическая кибернетика” (пункт 3. Математическое программирование (методы минимизации функций)).

Замечания по работе

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Есть некоторые опечатки в тексте диссертации. Например, на стр. 75 указано: “Задачи размещения ... принимает следующий вид”. Т.е. имеет место несогласованность окончаний слов в предложении.

2. Есть замечания также к оформлению диссертации. Так, название главы 3 звучит так: “Решение задач размещения точечного объекта на плоскости с прямоугольной метрикой и ее приложения”. Но при этом в пункте 3.3 “Постановка задачи размещения центра управления системой видеонаблюдения” рассмотрена трехмерная задача размещения центра управления системой видеонаблюдения в здании. Также в пункте 3.7 рассмотрено “Решение задачи размещения в трехмерном пространстве”, хотя трехмерное пространство не является подмножеством плоскости. Можно еще заметить, что названия этих пунктов не в полной мере согласуются с названием диссертации.

3. В диссертации встречаются некоторые не совсем понятные выводы. Например, на стр. 100 есть такое высказывание: “Так, предложенный в работе [66] алгоритм нахождения оптимальной области размещения точечного объекта на плоскости с прямоугольной метрикой на основе геометрического подхода, имеет алгоритмическую сложность $O(n^2)$. Нетрудно понять, что развитые в диссертационной работе методы позволяют понизить сложность вычислений для нахождения оптимальной области размещения до $O(n)$, где n – количество исходных объектов”. Если посмотреть работу [66], то выясняется, что там для решения задач целочисленного линейного программирования, к которым сведены задачи размещения, рассмотрены метод ветвей и границ и эвристический алгоритм, но не дается оценка анализируемых алгоритмов. Метод ветвей и границ – метод перебора и он может иметь неполиномиальную сложность? Где доказано, что он имеет алгоритмическую сложность $O(n^2)$?

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям,
установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Считаю, что диссертационное исследование П.В. Плотникова соответствует паспортам научных специальностей 05.13.17 — “Теоретические основы информатики” и 01.01.09 — “Дискретная математика и математическая кибернетика”. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Результаты диссертации опубликованы с достаточной полнотой. Работа полностью удовлетворяет критериям, установленным “Положением о присуждении ученых степеней”, для кандидатских диссертаций, а ее автор, Плотников Павел Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.17 — “Теоретические основы информатики” и 01.01.09 — “Дискретная математика и математическая кибернетика”.

Доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института прикладных математических исследований — обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр Российской академии наук”

/Соколов А.В./

Подпись А.В. Соколова заверяю:

Ученый секретарь ИПМИ КарНЦ РАН

/ Тихомирова Т.П./



«3» мая 2018 г.

Печать

Соколов Андрей Владимирович: официальный адрес для переписки — 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11, тел. 8-8142-78-11-08.