

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
математики и механики им. Н.Н. Красовского
Уральского отделения Российской академии
наук, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН,

Н.Ю. Лукоянов

15 марта 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Веремчук Натальи Сергеевны

«МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ
ОБЪЕКТОВ НА ПЛОСКОСТИ С ЗАПРЕЩЕННЫМИ ЗОНАМИ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 05.13.18 – математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертационная работа Веремчук Н.С. посвящена вопросам построения математических моделей, описывающих размещение взаимосвязанных объектов на плоскости, разработке, программной реализации и численному тестированию точных алгоритмов и эвристик для соответствующих задач дискретной оптимизации, обладающих в свою очередь многочисленными приложениями в исследовании операций. В практических задачах, возникающих на производстве, допустимая область, в которой производится размещение объектов, часто обладает достаточно сложной структурой обусловленной необходимостью учета разного вида дополнительных ограничений, правил и запретов. Такие ограничения могут порождать например, условия зонирования территории, регулярности размещения, запрещенные зоны и т.п. Последнее приводит к необходимости модификации известных и построения новых моделей оптимального размещения объектов, а также разработки новых алгоритмов решения, учитывающих особенности и свойства исследуемых задач.

Поэтому тематика диссертационной работы Н.С.Веремчук, посвященной изучению вопросов оптимального размещения взаимосвязанных точечных объектов на плоскости и прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами, а также разработке, численной реализации и

тестированию новых методов решения этих задач, **представляется актуальной.**

Содержание работы. Диссертация общим объемом 119 стр. состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 135 источников и двух приложений.

Во введении автор обосновывает актуальность темы исследования, его научную новизну и значимость, формулирует цели работы и анонсирует основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава носит в основном обзорный характер. Автором построена классификация постановок известных задач оптимального размещения взаимосвязанных объектов на плоскости. Основное внимание автором уделяется наиболее значимым представителям указанного класса задач – квадратичной задаче о назначениях и задаче Вебера. Приводятся формулировки задач в терминах матриц, графов, в виде моделей целочисленного линейного и нелинейного программирования. Рассматриваются подходы к решению, например, алгоритмы ветвей и границ, динамическое программирование, перебор L-классов, эвристики и метаэвристики, полиномиальные алгоритмы для специальных структур связей между объектами. Описывается процесс построения моделей при решении прикладных задач. Дополнительно автор приводит ряд содержательных примеров, иллюстрирующих применение рассматриваемых постановок в области размещения оборудования нефтехимического и швейного предприятий.

Во второй главе представлены результаты исследования задачи размещения точечных объектов на плоскости с запрещенными зонами и критерием минимума максимальной стоимости связей. Дан краткий обзор исследований по задачам размещения точечных объектов на плоскости с запрещенными зонами и барьерами произвольной формы. Приведены постановка и свойства минимаксной задачи размещения точечных объектов на плоскости с прямоугольными запрещенными зонами и прямоугольной метрикой. Обосновывается (Теорема 2.1) редукция допустимой области, позволяющая сократить трудоемкость решения задачи. Предложен алгоритм ветвей и границ с различными вариантами нижних оценок значений целевой функции. Завершает главу раздел, в котором предложенные автором алгоритмы и схема редукции численно сравниваются с известным пакетом CPLEX. Приведенные результаты численного тестирования подтверждают применимость предложенных в работе алгоритмов.

Третья глава посвящена исследованию и решению NP-трудной задачи Вебера на плоскости, описывающей процедуру размещения прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами и критерием минимума суммарной стоимости связей. Представлен обзор результатов исследований задач размещения прямоугольников и других геометрических фигур на плоскости. Приведена постановка и построена математическая модель целочисленного программирования задачи размещения прямоугольных объектов на линии с запрещенными зонами. Обоснована декомпозиция исходной непрерывной задачи, в рамках которой она сводится к серии дискретных задач меньшей размерности, имеющих общую структуру. Разработан эвристический алгоритм. Предложены варианты нижних оценок значений целевой функции и алгоритм ветвей и границ. Эмпирическая эффективность разработанных методов подтверждена результатами численных экспериментов на модельных данных.

В заключении сформулированы основные результаты и предложены направления дальнейших исследований по материалам диссертации.

В приложениях приводится пример решения минимаксной задачи, а также представлено описание созданного программного комплекса и копия свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Список литературы содержит публикации, относящиеся к теме исследования, и достаточно полно характеризует выбранное автором научное направление.

Научные результаты и их новизна

1. Для задачи размещения взаимосвязанных прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами и критерием минимума суммарной стоимости связей построены новые математические модели целочисленного линейного программирования. Предложен новый подход к решению, который обеспечивает декомпозицию исходной непрерывной задачи путем сведения ее к нескольким дискретным задачам меньшей размерности. Разработаны новые комбинаторные алгоритмы поиска приближенного решения, локального и глобального оптимумов.

2. Для задачи размещения взаимосвязанных точечных объектов на плоскости с запрещенными зонами и минимаксным критерием доказано свойство о сужении области допустимых решений при поиске оптимума. Разработан алгоритм ветвей и границ, в котором сокращен перебор вариантов

решений на основе указанного выше свойства, что позволяет сократить время поиска оптимального решения.

3. Создан программный комплекс с реализацией предложенных алгоритмов, эффективность которых подтверждена численными экспериментами с применением построенных моделей целочисленного линейного программирования и пакета прикладных программ.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов обеспечиваются строгостью математических постановок и доказательств утверждений, корректным использованием применяемых методов, подтверждением теоретических результатов вычисленными экспериментами.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость результатов состоит в развитии моделирования оптимального размещения взаимосвязанных объектов с использованием дискретной оптимизации и целочисленного программирования.

Построенные модели, разработанные алгоритмы и созданный программный комплекс могут применяться при решении практических задач в области автоматизированного проектирования генеральных планов предприятий, расстановке оборудования в цехах, размещении пунктов обслуживания и т.д.

Замечания по диссертационной работе

1. Предложенные в работе алгоритмы решения задачи размещения прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами состоят из двух этапов. В работе не указано, можно ли на этапе поиска допустимых разбиений объектов по блокам сократить их число, например, не рассматривать разбиения, для которых оценка значений целевой функции хуже имеющегося рекорда.

2. Алгоритм поиска приближенного решения как правило подразумевает наличие гарантированной оценки точности получаемого решения. Предложенный же в главе 3 работы алгоритм следует называть эвристическим, поскольку гарантированную оценку его точности обосновать пока не удалось. Не вполне ясно также каким образом приведенная на стр. 67 оценка трудоемкости данного алгоритма согласуется с используемыми автором критериями его останова: временем работы, числом итераций и т.п.

3. Проведенный в главе 3 численный эксперимент на случайных модельных данных может быть использован в качестве обоснования эффективности предложенных автором алгоритмов. Тем не менее, вероятно, было бы не менее важно привести результаты численного сравнения

алгоритмов на примере задач, более близких к реальным производственным постановкам, тем более, что в диссертации им уделено столь существенное внимание.

В целом данные замечания не снижают общую положительную квалификационную оценку диссертации.

Публикации и соответствие специальности

Результаты диссертации в достаточной полноте опубликованы в 16 научных работах, в том числе в 5 изданиях, рекомендованных ВАК. Автором также получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Работа прошла **апробацию** на профильных международных и российских конференциях и семинарах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», и соответствует следующим пунктам паспорта указанной специальности:

п. 2 – «Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей»,

п. 3 – «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»,

п. 4 – «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента».

Заключение

Диссертационная работа «Модели и алгоритмы размещения взаимосвязанных объектов на плоскости с запрещенными зонами» является завершенной научно-квалифицированной работой, соответствующей требованиям действующего Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Веремчук Наталья Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на семинаре отдела математического программирования ИММ УрО РАН (протокол № 552 от 3 марта 2018г.).

Заведующий отделом математического программирования
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук,

д.ф.-м.н. по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика,

профессор РАН

Хачай Михаил Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук (ИММ УрО РАН)

Российская Федерация, 620990, Свердловская область,

г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 16

Телефон: +7 (343) 374-83-32, факс: +7 (343) 374-25-81

Адрес электронной почты: dir-info@imm.uran.ru

Адрес официального сайта в сети Интернет: <http://www.imm.uran.ru>

Дата 15.03.2018 г.

Подпись заведующего отделом математического
программирования ИММ УрО РАН,

д-ра физ.-мат. наук М.Ю. Хачая удостоверяю

Ученый секретарь ИММ УрО РАН



Ульянов О.Н.

Получено 19.03.2018 г.