

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Института проблем управления им.
В.А. Трапезникова Российской академии наук
д.т.н., профессор

С.А. Краснова

2026 г.



ОТЗЫВ
ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук на диссертацию Емелина Максима Денисовича на тему «Комбинирование решений аксиальной задачи о назначениях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа посвящена разработке алгоритмов комбинирования допустимых решений трехиндексной аксиальной задачи о назначениях. Трехиндексная аксиальная задача о назначениях принадлежит к классу NP-трудных задач, что делает невозможным (при предположении, что P не равно NP) нахождение точного решения конкретного примера большой размерности за приемлемое время. В связи с этим на практике используют эвристические и приближенные алгоритмы. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью повышения точности решений многоиндексных аксиальных задач о назначениях, которые применяются при решении множества прикладных задач.

Предложенный в диссертации подход позволяет вместо общепринятой стратегии выбора рекорда оптимально комбинировать решения, что улучшает итоговую точность без существенных дополнительных вычислительных затрат.

Цель, задачи, объект, предмет и методы исследования

Заявленными целями работы являются построение математических моделей комбинирования решений трехиндексной аксиальной задачи о назначениях и улучшение точности решений, полученных различными эвристическими и приближенными алгоритмами. Для достижения поставленных целей автором были решены задачи: разработка полиномиальных алгоритмов решения задач комбинирования; определение классов NP-трудных задач комбинирования; разработка программного комплекса для решения трехиндексных аксиальных задач о назначениях.

Объектом исследования являются многоиндексные аксиальные задачи о назначениях и множества их допустимых решений. Предмет исследования – математические модели и полиномиальные алгоритмы комбинирования допустимых решений. В работе использованы методы теории графов, дискретной оптимизации и теория вычислительной сложности.

Научная новизна

Наиболее существенными научными результатами, обладающих новизной, относятся следующие положения:

1. Предложен новый подход для постобработки допустимых решений трехиндексной аксиальной задачи о назначениях, основанный на комбинировании решений.
2. Построены новые математические модели в рамках предложенного подхода комбинирования.

3. Разработаны полиномиальные алгоритмы для решения задач комбинирования допустимых решений, показавшие улучшение качества исходных решений на проведённых вычислительных экспериментах.

4. Доказана NP-трудность задачи комбинирования четырёх допустимых решений в однокритериальной задаче о назначениях и в случае лексикографической и минимаксной сверток многокритериальной задачи о назначениях и задачи комбинирования двух допустимых решений трехиндексной аксиальной задачи о назначениях с минимаксным критерием.

5. Разработан программный комплекс, использующий разработанные алгоритмы.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в развитии научно-методического аппарата дискретной оптимизации и постобработки допустимых решений многоиндексных аксиальных задач о назначениях. В работе формализованы новые математические модели оптимального комбинирования нескольких решений с линейным, минимаксным и квадратичным критериями. Разработаны теоретические положения и доказаны теоремы о NP-трудности задач комбинирования. Предложены точные полиномиальные алгоритмы для комбинирования пар решений, а также новый подход к построению аппроксимации Парето-множества через комбинирование решений в многокритериальной постановке задачи.

Практическая значимость диссертации определяется возможностью применения разработанных алгоритмов и программного комплекса для повышения точности и качества решений для множества прикладных задач, формализуемых в виде аксиальных многоиндексных задач о назначениях. Полученные результаты представляют непосредственный интерес для оптимизации логистических процессов, например, при сопоставления дескрипторов в компьютерном зрении, многоцелевого отслеживания объектов по разнородным сенсорам и бесконфликтной диспетчеризации роботизированных складов.

Прикладную ценность имеет созданный программный модуль, внедренный в АИС «Ока-план» для планирования производства изделий микроэлектроники с подтвержденным экономическим эффектом снижения затрат до 5%, а также зарегистрированный в Роспатенте комплекс проблемно-ориентированных программ.

Степень обоснованности и достоверности результатов

Для всех разработанных в диссертации алгоритмов приведены результаты вычислительных экспериментов на известной тестовой базе либо на данных, построенных по предложенным схемам генерации.

Реализация результатов работы и рекомендации по использованию

Разработанный программный модуль интегрирован в автоматизированную информационную систему (АИС) «Ока-план». Созданный программный комплекс, автоматизирующий решение трехиндексных задач о назначениях, успешно зарегистрирован в Роспатенте.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для практического применения: в логистике и диспетчеризации; в системах компьютерного зрения; при обработке данных, полученных со множества датчиков; при составлении расписаний в учебных заведениях.

Апробация работы и публикации

Основные результаты диссертации прошли апробацию результатов на всероссийских и международных научных конференциях в период с 2019 по 2022 год. По теме диссертации опубликовано 5 научных статей в ведущих рецензируемых научных журналах из списка, рекомендованного ВАК. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора

Автором лично предложен новый подход к комбинированию допустимых решений, разработаны алгоритмы решения задач комбинирования, проведены вычислительные эксперименты, выполнена программная реализация разработанных методов.

Качество результатов работы автора

Результаты, полученные лично автором, обладают научной новизной и практической значимостью. Основные этапы исследования, выводы и результаты представлены в диссертации и публикациях автора. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации, отвечает требованиям ВАК РФ. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Принципиальных недостатков работы не выявлено, однако есть ряд вопросов и замечаний:

1. В работе не приведен вид вычислительной сложности доказанных NP-трудных задач комбинирования (NP-трудность в сильном или слабом смысле), а также исходной трехиндексной аксиальной задачи о назначениях. Из текста автореферата не следует, исследовались ли они на сильную NP-трудность. Если данные модификации задач являются лишь NP-трудными в слабом смысле, то для них потенциально возможно существование эффективных псевдополиномиальных алгоритмов, что не получило отражения в диссертационном исследовании.

2. В работе доказано, что задача комбинирования двух решений решается полиномиально, но уже для четырех решений она является NP-трудной. Алгоритма с гарантированной точностью для случая комбинирования трех решений в работе не представлено — этот вопрос вынесен автором лишь в перспективы дальнейших исследований.

3. Для двухкритериальной задачи разработан точный полиномиальный алгоритм, но в работе не описано, как поведёт себя алгоритм при росте количества критериев и насколько сильно возрастёт вычислительная сложность построения аппроксимации Парето-множества с ростом числа критериев (в скобках заметим, что термин «фронт Парето», на наш взгляд, не совсем удачный, лучше привычный термин «Парето-множество»).

Приведённые недостатки не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Рассмотренная диссертация является завершённой научной работой, которая содержит новый подход к постобработке допустимых решений трехиндексной аксиальной задачи о назначениях. Предложенные автором подходы имеют значимую теоретическую и экспериментальную основу. Работа вносит вклад в повышение точности решений многоиндексных аксиальных задач о назначениях, которые применяются при решении ряда прикладных задач. Автореферат отражает основное содержание диссертации и даёт целостное представление о проведенном исследовании.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для практического использования: в логистике и диспетчеризации; в системах компьютерного зрения; при обработке данных, полученных со множества датчиков; при составлении расписаний в учебных заведениях.

Диссертационная работа Емелина Максима Денисовича на тему «Комбинирование решений аксиальной задачи о назначениях» полностью удовлетворяет критериям, установленным пунктами 9-10 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником, заведующим лаборатории 68 «Теории расписаний и дискретной оптимизации» Института Проблем Управления РАН Лазаревым А.А.

Отзыв по диссертационной работе Емелина Максима Денисовича был рассмотрен и утверждён на заседании семинара лаборатории 68 «Теории расписаний и дискретной оптимизации» Института Проблем Управления имени В. А. Трапезникова Российской академии наук 25.06.2026 года.



Лазарев Александр Алексеевич,

**д. ф.-м. наук, профессор, главный научный
сотрудник, заведующий лаборатории 68 «Теории
расписаний и дискретной оптимизации»
Института Проблем Управления РАН**