

ОТЗЫВ

официального оппонента Медведева Алексея Викторовича
на диссертацию Тайлаковой Анны Александровны
«Математические модели и программно-алгоритмическое обеспечение
для оптимизации конструкции нежестких дорожных одежд»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

Актуальность темы исследования

В связи с интенсивным развитием транспортных систем постоянно повышаются требования к качеству автомобильных дорог, эффективное выполнение которых возможно только на основе применения научно обоснованных методов исследования, в частности, с использованием системного подхода как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации. Наряду с этим, применение современных вычислительных средств позволяет достичь оперативности проектных расчетов и повысить обоснованность принятия технологических и управленческих решений. Процесс проектирования включает в себя выбор наиболее экономичных вариантов проекта, возможный в условиях применения оптимизационных подходов, включающих использование оптимизационных математических моделей, алгоритмов и методов их анализа, а также алгоритмов и методов, позволяющих осуществить этот выбор. Дорожная одежда является дорогостоящей частью проектов строительства дорог, поэтому сокращение расходов на дорожно-строительные материалы позволит сэкономить значительные материальные и финансовые средства. В этой связи использование моделей, методов и автоматизированных средств определения оптимальных проектных решений в конструкции нежестких дорожных одежд является актуальным направлением технологического развития дорожно-строительной отрасли, что, несомненно, делает актуальной и тему диссертационного исследования А.А. Тайлаковой.

Научная новизна диссертационного исследования обусловлена следующими результатами:

1. Предложена математическая модель, позволяющая, путем варьирования материалов и толщин конструктивных слоев, подбирать оптимальные по стоимости конструкции нежестких дорожных одежд.

2. На основе предложенной математической модели разработаны метод и алгоритм для подбора оптимальных по стоимости конструкций нежестких дорожных одежд. Предложено использовать гибридный генетический алгоритм

в комплексе с методом прямого перебора.

3. Предложена математическая модель, позволяющая подбирать оптимальные по стоимости конструкции нежестких дорожных одежд по продольному профилю трассы с учетом критерия однородности.

4. На основе предложенной математической моделей разработаны метод и алгоритм для подбора оптимальных по стоимости конструкций нежестких дорожных одежд по продольному профилю трассы с учетом критерия однородности. Для этого предложено использовать основанный на применении аддитивной свертки критериев с адаптивными коэффициентами гибридный генетический алгоритм в комплексе с методом прямого перебора.

5. Разработано оригинальное программное обеспечение, позволяющее осуществлять поиск оптимальных конструкций нежестких дорожных одежд с применением созданных математических моделей и алгоритмов. Программное обеспечение реализовано с применением технологии параллельных вычислений.

Методы исследования, применяемые в диссертации, являются современными методами научных исследований в области математического моделирования, системного анализа данных, оптимизации, эволюционных вычислений. Диссертантом разработано программное обеспечение с применением инструментов Yii PHP Framework, Apache HTTP Server, MySQL. Исходный код написан на языках программирования PHP, JavaScript с применением объектно-ориентированной технологии AJAX.

Достоверность и новизна научных результатов исследования подтверждаются адекватной структуризацией работы, использованием корректной научной терминологии и полученных выводов. Программное обеспечение, разработанное в рамках научного исследования, использовано в отделе проектирования дорог ООО «Индор-Кузбасс» для конструирования и расчета нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования и городской улично-дорожной сети. Необходимо отметить, что исследования проводились в рамках реализации работ по государственному контракту №048 от 01.02.2012 г. на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по теме «Разработка информационно-вычислительной системы для проектирования, технического обслуживания и паспортизации автомобильных дорог» в рамках программы Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса» («У.М.Н.И.К.»).

Оценка содержания диссертации и ее оформления

Диссертация Тайлаковой А.А. состоит из введения, четырех глав, заключения, семи приложений. Материалы диссертационного исследования изложены на 137 страницах основного текста и 20 страницах приложений. Диссертация содержит 38 таблиц и 42 рисунка. Список литературы включает 123 наименования.

Основные результаты исследования отражены в 30 работах автора, включающих 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статью, индексированную в международной базе данных Scopus; 4 свидетельства о регистрации баз данных и программ для ЭВМ. Материалы диссертационной работы опубликованы автором в достаточном количестве и апробированы на конференциях и конкурсах научных работ различного уровня.

Автореферат, изложенный на 18 страницах, и публикации соискателя отражают основное содержание диссертации и характеризуют результаты проведенного исследования.

Во **введении** соискатель обосновывает актуальность исследования, описывает степень научной проработанности проблемы, формулирует цель, задачи, объект и предмет исследования, представляет научную новизну, теоретическую и практическую значимость исследования, представляет реализацию результатов, степень их достоверности и апробации, формулирует предмет защиты, свой личный вклад и выносимые на защиту положения.

Первая глава посвящена обзору и анализу известных методов подбора оптимальной конструкции нежестких дорожных одежд и существующего программного обеспечения для расчета дорожных одежд, применяемого в Российской Федерации и за рубежом. На основе проведенной аналитической работы соискателем сделан вывод о том, что существующие методы и алгоритмы позволяют осуществлять подбор конструкции только путем варьирования толщин конструктивных слоев и не гарантируют рассмотрения всех допустимых вариантов сочетания материалов конструктивных слоев. Существующие методы являются переборными и при большой размерности задачи могут оказаться неэффективными по времени. Это позволило автору обосновать актуальность вопроса разработки математических моделей, методов, алгоритмов и программного обеспечения для подбора конструкции нежестких дорожных одежд.

Во **второй главе** приведены нормативные технологические ограничения задачи расчета конструкций нежестких дорожных одежд в соответствии с ОДН 218.046-01 (нормативный документ, регламентирующий проектирование нежестких дорожных одежд на территории Российской Федерации), а также приведена концептуальная постановка задачи расчета конструкции нежестких дорожных одежд, позволяющая учитывать указанные ограничения.

Путем формализации концептуальной постановки задачи получена математическая модель для оптимизации конструкции нежестких дорожных одежд при помощи варьирования толщин и множества доступных для использования дорожно-строительных материалов конструктивных слоев. Математическая модель позволяет получать конструкции нежестких дорожных одежд, минимальные по стоимости и удовлетворяющие требованиям прочности и морозостойчивости.

В качестве обобщения данной математической модели предложена математическая модель многокритериальной оптимизации конструкции нежестких дорожных одежд для минимизации стоимости конструкции, состоящей из нескольких участков, с учетом критерия однотипности по продольному профилю трассы. Сформулированная многокритериальная задача с помощью аддитивной свертки критериев, с применением адаптивных коэффициентов, сведена к однокритериальной. Данная модель позволяет получать варианты конструкций с минимальными затратами на сооружение конструкции нежестких дорожных одежд с учетом критерия однотипности по продольному профилю трассы, состоящей из нескольких участков.

В третьей главе приведены результаты вычислительных экспериментов для подбора оптимальных конструкций нежестких дорожных одежд, выполненных с применением спектра методов нелинейного математического программирования (полный перебор вариантов, метод мултистарта, метод динамического программирования) и различных модификаций генетического алгоритма. Так как последний хорошо поддается распараллеливанию, проведена серия вычислительных экспериментов с применением технологии параллельных вычислений.

В результате разработаны модифицированные гибридные генетические алгоритмы для подбора оптимальных конструкций нежестких дорожных одежд с использованием предложенных в главе 2 оптимизационных моделей.

В четвертой главе описаны средства и технологии разработки программного обеспечения для подбора оптимальной конструкции нежестких дорожных одежд, состав и структура реляционной базы данных, модели данных, рассмотрен интерфейс и функциональные возможности разработанного программного обеспечения. Часть параметров, необходимых для расчета конструкции нежестких дорожных одежд представлена в ОДН 218.046-01 в виде графиков и номограмм, что требует их оцифровки. В данной главе приведены этапы оцифровки графической информации с применением специализированного программного обеспечения, а также разработанного автором приложения.

Выполнена аппроксимация полученных данных набором из 18 функций. Результаты аппроксимации приведены в соответствующем приложении.

Разработанное программное обеспечение является оригинальным, что подтверждено соответствующими свидетельствами о государственной регистрации программ ЭВМ и баз данных ЭВМ. Применение указанного программного обеспечения позволяет повысить точность и оперативность принятия проектных решений при расчете конструкций нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования.

В заключении соискателем изложены полученные в ходе диссертационного исследования выводы и основные результаты.

В приложениях содержатся справка об использовании результатов диссертационной работы, свидетельства о государственной регистрации баз данных и программ для ЭВМ, приведены математические модели для цифрового представления графической информации ОДН 218.046-01.

Практическая и научная значимость диссертации связаны с развитием численных методов решения прикладной задачи дискретной оптимизации с нелинейными ограничениями, основанных на взаимодействии оптимизационных и эволюционных вычислений.

Разработанное в результате выполнения исследования программное обеспечение является полезным инструментом в процессе проектирования конструкций нежестких дорожных одежд специалистами-дорожниками. Стоит также отметить, что практическая значимость результатов, полученных в диссертации, подтверждена справками об использовании результатов исследования в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» и в отделе проектирования дорог ООО «Индор-Кузбасс» для конструирования и расчета нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования и городской улично-дорожной сети.

Замечания по диссертационной работе:

1. По тексту диссертационной работы в главе 1 продублированы цель и задачи работы, сформулированные ранее во введении, исключая задачу обзора существующих методов решения и программного обеспечения для расчета конструкции нежестких дорожных одежд. Целесообразно было бы заранее определить место указанных составляющих в работе.
2. При анализе применимости метода динамического программирования (п. 1.3.1) в работе не было уделено внимание известным трудностям его применения в условиях нелинейных ограничений, связанным с плохой обусловлен-

ностью соответствующих задач и/или возникновением овражной структуры допустимого множества. В свете того, что указанный метод ориентирован на получение глобального оптимума, было бы уместным привести сравнение результатов его использования с результатами, полученными с помощью эволюционных методов в применении к исследуемой задаче.

3. При анализе многокритериальных задач для достижения условия попадания результата линейной свертки критериев в диапазон между их предельными значениями, как правило, рассматриваются варианты выпуклой линейной комбинации критериев с суммой коэффициентов, равной единице. В работе предложено использовать линейную свертку критериев с адаптивными коэффициентами, меньшими единицы, но при этом отсутствует какой-либо Парето-анализ, не проведено сравнение соответствующих результатов решения задачи с выпуклой линейной комбинацией критериев, а также не обоснован выбор использованных адаптивных коэффициентов.
4. Генетический алгоритм относится классу методов прямого поиска глобального оптимума, не гарантирующего его получения, а лишь позволяющего приблизиться к нему или сходящемуся к оптимуму по вероятности (почти наверное), то есть при достаточно большом количестве экспериментов. Вместе с тем, в положениях новизны и заключении к работе утверждается, что предлагаемые методы и алгоритмы «...позволяют получать минимальные по стоимости и удовлетворяющие...» необходимым требованиям конструкции нежестких дорожных одежд. Данное утверждение не является вполне корректным, и вернее было бы говорить о возможности, с помощью разработанного аналитического и программного инструментария, более эффективного подбора оптимальных по стоимости дорожных одежд.

В целом приведенные замечания не являются критичными, то есть не снижают значимости, актуальности и научно-прикладной ценности проведенного исследования.

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

Диссертационная работа Тайлаковой А.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложено решение актуальной в научном и прикладном отношении проблемы, отличается научной новизной и практической значимостью.

Содержание диссертации соответствует пунктам 3, 4 и 5 паспорта специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Автореферат диссертации соответствует тексту работы и от-

ражает основные научные результаты исследования, полученные лично автором.

Считаю, что диссертация А.А. Тайлаковой соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной соискателем самостоятельно, а ее автор, Тайлакова Анна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры фундаментальной математики ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», доктор физико-математических наук, профессор

Медвед

Медведев Алексей
Викторович

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) (2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации).

Адрес: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, корпус №2, ауд. 2206В.
тел. (3842) 75-33-34
e-mail: alexm_62@mail.ru

20.05.2022 года

ФГБОУ ВО «КемГУ» Отдел кадров УРП	
ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ	<i>Медведев А.В.</i>
Должность	<i>век. спец. ОК</i>
ПОДПИСЬ	<i>Тайлакова А.А.</i>
<i>10.05</i>	20 <i>22</i>