

Утверждаю

Ректор Сибирского государственного
индустриального университета



А. Б. Юрьев

август 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»
на диссертацию Грибановой Екатерины Борисовны на тему
«Модели, методы, алгоритмы и программное обеспечение решения задач на основе обратных вычислений», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы исследования

Разработка и классификация моделей некорректно поставленных (обратных) задач, а также алгоритмов и программного инструментария для их решения продолжают оставаться актуальной проблемой. С одной стороны, исследования в области обратных задач направлены на совершенствование имеющихся методов решения некорректных задач, с другой – на разработку новых, которые стимулируются потребностями практики и достижениями в различных сферах деятельности (математика, компьютерные науки и др.). Оба эти направления имеют целью ослабление условий применения методов, повышения их эффективности (точности и затрат времени на получение решения), а также расширение области практически решаемых обратных задач. Работа соискателя посвящена одному из направлений исследования обратных задач – классу одноточечных задач, решения которых требует дополнительной исходной информации, которую формируют эксперты. К

методам, снимающим некорректность обратной задачи посредством формируемой экспертом информации, относят аппарат обратных вычислений, получивший широкое распространение в сфере экономики. Выполняемая экспертом роль требует высокого профессионализма в предметной и математической областях, а также значимых затрат времени других ресурсов, вызванных ошибками эксперта, которые приводят к необходимости многократного решения задачи или к не нахождению вообще какого-либо решения. Все это делает процесс решения задачи ресурсозатратным.

Основная идея диссертационной работы состоит в использовании и разработке подходов, приемов и методов, снижающих объем информации, которую должен формировать эксперт. Реализация идеи приводит к снижению требований к профессионализму эксперта из-за уменьшения реализуемых им функций. Следствием этого является уменьшение количества допускаемых экспертом ошибок, что приводит к повышению эффективности процесса решения обратных задач, объявленную соискателем в качестве основной цели диссертационного исследования.

Для достижения выбранной цели соискателем поставлены и решены задачи:

1. Проведение анализа выполненных исследований и систематизации достигнутых результатов в области подходов, постановок и методов решения обратных задач.
2. Развитие подходов, модификация постановок и разработка новых методов и алгоритмов решения обратных задач.
3. Проведение вычислительных экспериментов с последующим сравнением результатов компьютерной реализации с результатами, полученными с помощью стандартных пакетов программ, реализующих известные методы.
4. Разработка на основе объектно-ориентированного подхода структуры программного комплекса, реализующего решение предложенных

математических постановок обратных задач на основе разработанных методов и алгоритмов.

5. Разработка алгоритма поэтапного решения обратной задачи с ограничениями, для которой результирующий показатель (значение целевой функции) и аргументы целевой функции образуют дерево цели.

Общая характеристика содержания диссертации

Диссертационная работа изложена на 333 страницах, состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 244 наименований и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы, представлена степень проработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены основные защищаемые положения.

В первой главе дается понятие и значимость обратных задач в различных сферах деятельности, приводится обстоятельный обзор разработанных математических моделей обратных задач и методов их решения, выявляются проблемы, усложняющие процесс решения и ограничивающие область применения методов (трудности получения качественной экспертной информации, наличие ограничений на значения искомых аргументов целевой функции, присутствие отдельных аргументов одновременно в нескольких обратных задачах и др.). Эти проблемы определили направления диссертационного исследования: снижения значения роли эксперта и расширение множества решаемых обратных задач.

Во второй главе дано описание двух методов решения обратных задач с использованием экспертной информации. Первый метод основан на формировании уравнения зависимости между аргументами функции и не требует проверки согласованности экспертной информации. Второй предназначен для решения обратных задач с ограничениями на аргументы

целевого функционала. Он представляет собой процедуру пошагового движения к требуемому значению результирующего показателя и основан на стохастическом выборе аргумента для достижения очередного (определяемого текущим шагом) значения показателя. Во второй главе выполнено исследование применения стохастического алгоритма для решения тестового набора задач (мультипликативной, нелинейно-аддитивной, мультипликативно-нелинейной, мультипликативно-аддитивной моделей задач).

В третьей главе описываются разработанные соискателем математические модели, методы и алгоритмы решения обратных задач, которые не требуют экспертной информации и представляют собой задачи поиска такой точки (набора значений искомых аргументов), в которой целевой функционал принимает заданное значение и которая минимизирует расстояние (эвклидово/манхэттенское) от точки, описываемой исходным набором значений аргументов. Приведено описание алгоритмов решения обратных задач с аддитивной, кратной и мультипликативной зависимостями, а также описание разработанных обобщенного и итерационного алгоритмов.

Четвертая глава посвящена модификации представленных в третьей главе алгоритмов для решения обратных задач с применением коэффициентов относительной важности, но без использования направлений изменения аргументов, а также рассматривается масштабирование метода для решения различных оптимизационных задач с ограничениями (оптимизации закупок, портфеля ценных бумаг, складских затрат).

В пятой главе описаны оптимизационные модели и алгоритмы решения обратных задач, являющихся модификацией или обобщением классических обратных задач, использующих коэффициенты относительной важности и заданные направления изменения аргументов. Предложенные модели снижают требования к профессионализму эксперта, так как требуют указания только одного из двух направлений изменения аргументов (показатели изменяются в одном или в разных направлениях). Применение алгоритмов

показано на примере решения обратных задач формирования маржинальной прибыли и показателя рискованности предприятия.

Шестая глава посвящена разработке на основе объектно-ориентированного подхода структуры программной системы, предназначенной для решения обратных задач. Представлено описание структуры программной системы, реализующей поэтапное решение обратных задач для разработанных моделей и соответствующих алгоритмов решения.

В седьмой главе приведено описание применения предложенной структуры для разработки двух программ: программы формирования прибыли и программы формирования интегрального показателя.

В главах 2–5 приводятся численные результаты апробации разработанных математических моделей обратных задач и соответствующих методов и алгоритмов их решения.

Поставленные автором диссертационной работы задачи решены успешно, что обеспечило достижение поставленной в ней цели. Публикации соискателя в полной мере отражают содержание исследования, автореферат в целом отражает содержание диссертационной работы.

Научные результаты работы

В диссертационной работе Грибановой Е. Б. представлены следующие научные результаты:

1. Предложен метод решения обратных задач, в основе которого лежит формирование уравнения зависимости между аргументами целевого функционала, отличающийся от известных методов тем, что он не требует проверки согласованности экспертной информации.

2. Предложен стохастический метод поэтапного решения обратных задач с ограничениями на значения аргументов целевого функционала, отличающийся от известных методов использованием на каждом шаге процедуры выбора аргумента для достижения очередного значения целевого

функционала с помощью моделирования полной группы несовместных событий.

3. Разработаны оптимизационные модели, методы и алгоритмы для решения обратных задач с определенной структурой целевого функционала, в которых минимизируется отклонение искомым аргументов функционала от заданных исходных значений и отличающиеся тем, что они не требуют использования экспертной информации.

4. Разработаны оптимизационные модели и алгоритмы решения обратных задач, требующих максимального соответствия экспертному целеполаганию, являющихся модификацией или обобщением классических обратных задач, но отличающиеся снижением требований к профессионализму эксперта.

5. Разработаны методы и алгоритмы решения обратных задач, представленных в виде оптимизационных задач нелинейного программирования, отличающиеся от известных методов использованием двухшаговой процедуры, включающей оптимизацию целевой функции и переход к значениям аргументов, удовлетворяющим ограничению задачи.

6. Разработан комплекс проблемно-ориентированных программ для решения задач на основе обратных вычислений, отличающийся от существующих комплексов программ возможностью решения иерархических задач с ограничениями.

Достоверность и обоснованность основных результатов исследования

Обоснованность и достоверность результатов и выводов определяется корректным использованием современных математических методов, использованием статистических тестов для анализа результатов, непротиворечивостью результатов и выводов с исходными установками, результатами, представленными в литературных источниках и полученными

при компьютерной реализации, объемом апробации и внедрением результатов.

Основные результаты по теме исследования отражены в 27 статьях, входящих в перечень ВАК РФ, 10 статьях в журналах и 6 материалах конференций, индексируемых Scopus/ Web of Science, 3 монографиях, 9 свидетельствах о регистрации программ ЭВМ. Всего по теме диссертации опубликовано 96 работ. Результаты апробировались на всероссийских и международных конференциях.

Значимость результатов, полученных в диссертационной работе

В диссертационной работе представлена совокупность новых научных результатов и положений, развивающих теоретические основы и методологические подходы в следующих направлениях научных исследований: методы и алгоритмы решения задач на основе обратных вычислений; методы и алгоритмы решения обратных задач; методы решения задач условной оптимизации; программное обеспечение решения обратных задач на основе объектно-ориентированного подхода.

Теоретическая значимость выполненного исследования заключается в расширении области практически решаемых обратных задач за счет разработки новых моделей, методов и алгоритмов, а также в повышении эффективности методов решения обратных задач, в частности, разработке методов, алгоритмов и программного обеспечения для решения одноточечных задач как с использованием экспертной информации, так и не требующим участия эксперта.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении комплекса моделей, методов, алгоритмов и программной системы для решения задач на основе обратных вычислений, которые позволяют **уменьшить** объем используемой экспертной информации и **снизить** временные затраты на решение задач.

Рекомендации по использованию результатов

Полученные результаты и выводы исследования могут быть использованы предприятиями различных сфер деятельности при создании систем поддержки принятия решений. Также теоретические и практические положения могут быть применены в учебной и научной деятельности университетов и научно-исследовательских организаций таких как Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Липецкий государственный технический университет, Томский государственный университет и других учреждениях.

Замечания по диссертации

1. В названиях разделов 5.1.1, 5.2.1 и 1.3.1.2 присутствуют словосочетания «модель решения» и «модель вычисления». Что они означают?

2. В третьем абзаце стр. 9 использованы термины «аргумент функции» и «направление изменения *показателей*» для обозначения независимых переменных целевого функционала, в то время как по тексту работы термин «показатель» используется для обозначения самого целевого функционала.

3. Во втором и третьем абзацах стр. 16 применены термины «теория построена» и «идея базируется». О какой теории и какой идее идет речь?

4. В обзоре раздела «1.2.3 Методы решения задач целочисленного программирования» не представлен один из эффективных, разработанных в последнее десятилетие методов – метод сетевого программирования.

5. В первом абзаце стр. 75 имеется выражение «последовательное изменение функции». Очевидно, следует сказать «изменение значений функции», сама функция не изменяется.

6. В завершении описания шага 3 алгоритма на стр. 77 в случае «иначе» управление передается на шаг 1. По-видимому, должна быть передача на шаг 2?

7. В первом абзаце стр. 90 функция f определена как функция одной переменной $f(x_i)$ и как многих переменных $f(x)$.

8. В названии раздела 3.2.4 присутствует текст «минимизация квадратов изменений аргументов». Очевидно, должно быть; «минимизация суммы квадратов изменений аргументов».

9. На рисунках 3.10 и 3.11 на стр. 115 представлены графики изменения времени решения задачи и изменения абсолютной погрешности решения в зависимости от дискретной переменной, числа аргументов, в виде непрерывных кривых.

10. В формуле (5.1) на стр. 152 используется символ β , а ниже в выражении для x (формула не пронумерована) применен символ α .

11. На стр. 170 при описании формулы риска не указаны индекс года и индекс причины риска.

12. На стр. 188 рис. 6.12 представлен в не совсем завершеном виде.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Заключение

В целом, диссертационная работа Грибановой Е.Б. представляет собой законченную научно-квалифицированную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное народно-хозяйственное значение, и которая вносит значительный вклад в развитие методов принятия решений, в частности оптимизационных методов и методов решения некорректных задач.

Диссертация написана понятным научным языком, характеризуется научной новизной и практической значимостью. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.


Диссертационная работа содержит научно-квалификационные признаки, соответствующие пп. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Грибанова Екатерина Борисовна заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация, автореферат и представленный отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры автоматизации и информационных систем ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (протокол № 11 от 04.07.2023 г.) На заседании присутствовали 21 преподаватель, из них 5 докторов и 8 кандидатов наук.

Отзыв о диссертации подготовлен профессорами кафедр АИС, ПМИ и ПИТиП Павловой Ларисой Дмитриевной, Калашниковым Сергеем Николаевичем и Зиминым Валерием Викторовичем.

Профессор кафедры прикладных
информационных технологий и
программирования,

доктор технических наук, доцент
(спец. 05.13.18)



С.Н. Калашников

Профессор кафедры автоматизации
и информационных систем,

доктор технических наук, доцент
(спец. 05.13.01)



В.В. Зимин

Профессор кафедры прикладной

математики и информатики,

доктор технических наук, профессор

(спец. 25.00.20)

 Л.Д. Павлова

Заведующий кафедрой

автоматизации и

информационных систем СибГИУ,

доктор технических наук

(спец. 05.13.10)



А.В. Зимин

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет».

Адрес: 654007, Кемеровская область - Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42.

Тел. +7 (3843) 77-79-79

e-mail: rector@sibsiu.ru