

Отзыв

официального оппонента к.т.н., доцента, Сакулина Сергея Александровича, на диссертационную работу Тимонина Михаила Владимировича «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)»

Актуальность

Актуальность задач, решаемых в работе Тимонина М.В. «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений» определяется как теоретическими, так и практическими аспектами проведенного исследования. С одной стороны, задачи многокритериальной оптимизации, в частности, рассматриваемая автором задача проектирования информационных систем, достаточно часто встречается на практике. С другой, теоретические исследования, проведенные в работе, относятся к одному из наиболее новых и перспективных направлений в теории принятия решений при многих критериях.

Первые публикации, связанные с использованием интеграла Шоке в задачах принятия решений (в условиях неопределенности) появились в конце 80-х годов. Вскоре за ними последовали и примеры практического использования, в основном в экономике и финансовом анализе. Однако, настоящее развитие неаддитивных моделей началось лишь в середине 90-х, когда интеграл Шоке, а также близкий ему интеграл Сугено, начал использоваться для анализа многокритериальных предпочтений. Первые практические результаты использования интеграла в таких задачах были связаны с задачами искусственного интеллекта, машинного зрения, и распознавания образов. В последующие десять лет серьезное развитие получили и теоретические аспекты применения интеграла в задачах с многими критериями. Были предложены методы моделирования широкого спектра понятий, таких как важность критериев, различные виды взаимодействия критериев, а также различные виды компенсации одних критериев другими.

Ближе к концу двухтысячных годов в литературе стали появляться первые публикации, связанные с поиском оптимальных решений в задачах, использующих интеграл Шоке в качестве моделей предпочтений, в том числе и статьи Тимонина М.В. На текущий момент, данная проблематика является одним из наиболее динамически развивающихся теоретических направлений в области, связанной с применением неаддитивных интегралов в задачах принятия решений. В особенности интересными являются задачи робастного принятия решений, рассмотренные и в диссертации автора.

Таким образом, тема диссертационного исследования Тимонина М.В. является актуальной, научно востребованной, и имеющей практическое значение.

Оценка содержания, достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Целью диссертационной работы Тимонина М.В. является разработка методов решения экстремальных задач, целевой функцией которых является интеграл Шоке. Поскольку данные методы в основном рассматриваются автором в перспективе применения для решения практических задач системного анализа, немалое внимание уделяется процессу построения модели, то есть задаче определения параметров интеграла Шоке. Автором делается вполне закономерный вывод о том, что эффективное использование данных методов возможно только при дополнении их механизмами, обеспечивающими устойчивость получаемого решения. Для достижения данной цели автором предлагается робастная постановка задачи и вырабатываются методы ее решения.

В первой главе приводится введение в проблематику работы. Автором рассматривается задача проектирования информационной системы и приводятся ее основные характеристики: многокритериальность, сложная взаимосвязь критериев, неопределенность исходных данных задачи, разнообразность возможных источников информации. Для решения данной задачи методами системного анализа, автором предлагается рассматривать ее в качестве задачи многокритериальной оптимизации. Проведен краткий критический обзор существующих методов решения таких задач, сформулированы требования к математическому аппарату, который будет применяться для нахождения решения. Рассмотрев различные варианты функциональной модели предпочтений, автор предлагает использовать интеграл Шоке, мотивируя это необходимостью отражения в модели широкого спектра видов многокритериальных предпочтений. Предложена постановка задачи максимизации интеграла Шоке и ее робастного варианта.

Во второй главе представлены основные теоретические результаты диссертации. Главу можно разделить на три части:

- Методы поиска глобального максимума интеграла Шоке, в случае, когда емкость определена однозначно

Автором решается задача поиска максимума интеграла на выпуклом множестве. Характеризуется случай, когда целевая функция является вогнутой (ключевым признаком является 2-монотонность емкости по которой берется интеграл), показывается, что в этом случае задача сводится к максимуму. В общем случае, интеграл представляет собой кусочно-вогнутую функцию. Однако, подмножества, на которых сохраняется вогнутость, являются невыпуклыми, кроме того, их число равняется $n!$, что значительно осложняет решение задачи. Автором предлагается оригинальная идея, позволяющая осуществить разложение целевой функции на вогнутые компоненты не на уровне множества переменных, а путем образования семейства емкостей для которых выполняются два свойства. Во-первых, интеграл Шоке по таким емкостям является вогнутым, а во вторых значения интеграла по любой из емкостей совпадают со значениями интеграла по изначальной емкости на некотором подмножестве целевого множества, и не превышают их в остальных точках. Таким образом задача глобальной оптимизации сводится к множеству задач поиска максимума вогнутой функции. Автором также приводится ряд интересных теорем, характеризующих число элементов в получаемом разложении, а также показывающих, что для класса 2-аддитивных емкостей такое разложение является оптимальным, то есть содержит минимально возможное число элементов.

- **Методы решения задач, включающих иерархическую структуру критериев**

Вторая группа результатов полученных в первой главе связана с задачами, в которых целевая функция образована композицией интегралов. Примером такой задачи является и задача проектирования информационной системы защиты данных, рассматриваемая автором в начале работы. Данный подход позволяет моделировать локальную важность отдельных критериев, используя представление многокритериальной задачи в виде иерархии понятий. Несомненно, подобные задачи часто встречаются на практике. Используя методы, полученные в первой части главы, автором предлагаются алгоритмы поиска оптимальных решений в таких задачах, а также анализируются их вычислительные характеристики.

- **Методы нахождения устойчивого решения для задач с недостаточной информацией**

Поскольку разрабатываемые автором методы в основном предполагаются к использованию в практических задачах многокритериальной оптимизации, представляется оправданным стремление автора рассмотреть также аспекты определения параметров модели в таких задачах. На текущий момент существует ряд подходов к определению значений емкости на основе частичной информации о предпочтениях. Как правило, имеющаяся информация формализуется в виде линейных ограничений на множестве емкостей, характеризуя, таким образом, некоторое подмножество "допустимых" параметров. Как справедливо отмечается автором, основной недостаток такого подхода заключается в том, что имеющаяся информация как правило не позволяет однозначно определить модель, а используемые методы выбора единственной емкости из множества допустимых обладают значительными методологическими недостатками. Автором предлагается использовать все множество возможных параметров, и формулировать задачу, как задачу робастной оптимизации. В этом случае, найденное решение будет отвечать некоторому критерию "качества" для всех возможных вариантов системы. Данная задача также является задачей глобальной оптимизации. Автором предлагается ряд алгоритмов ее решения, основанный на методах полубесконечного программирования, а также результатах, полученных в первой части главы. Дополнительно проводится теоретический анализ, рассматривающий принимаемое с помощью предлагаемых методов решение с позиций ценности информации, а также доказывающих существование робастной емкости, для которой полученное решение является оптимальным. Стоит отметить, что данная проблематика обладает значительной научной новизной в данной области, а публикации автора являются одними из первых работ, посвященных данным вопросам.

Заключительная глава диссертации посвящена практическому применению разработанных методов. В первой части главы автор возвращается к задаче проектирования информационной системы защиты данных, послужившей отправной точкой проведенной им работы. Рассматриваются различные источники входной информации, большая часть которых представляет собой качественные, зачастую лингвистические, характеристики. Автором демонстрируются методы формализации имеющейся информации в виде ограничений на множестве возможных параметров. Рассматриваются сложные варианты предпочтений, включающие некомпенсируемые критерии, а также взаимодействие между компонентами задачи. Итоговым результатом является робастная постановка, включающая 24 переменные. Используя программную реализацию разработанных в диссертации методов, автор приводит численное решение задачи, а также проводит анализ зависимости его характеристик от параметров задачи.

Во второй части главы автором рассматривается задача оптимального распределения ресурсов при планировании стратегии развития гостиницы. В данном случае, источником данных в задаче является большой набор многокритериальных оценок, включающих оценки по пяти частным критериям, а также итоговую оценку. Анализ выявляет присутствие значительного взаимодействия между различными критериями, например, в присутствии хороших значений по одному показателю, другой теряет какую-либо значимость для итогового результата. Также выделяются 12 групп путешественников, каждая из которых характеризуется собственным вектором параметров модели. Автором рассматриваются две постановки задачи оптимизации. В первом случае считается, что развитие гостиницы направлено на удовлетворение конкретной группы посетителей, иными словами, выбирается единственная емкость. Во втором случае, используется робастная постановка. При этом, множество допустимых параметров в данном случае появляется не вследствие недостаточной информации о задаче, а проистекает из объективного различия предпочтений между различными категориями клиентов гостиниц. Робастная постановка позволяет найти решение, являющееся удовлетворительным для всех категорий путешественников. Таким образом, выработанная стратегия развития является оптимальной для гостиниц "общего профиля", рассчитывающих принимать посетителей из всех групп одновременно. Раздел завершается качественным анализом предлагаемого решения.

В завершающей части третьей главы автором приводится краткое рассмотрение разработанных им программных средств, реализующих полученные в диссертации методы.

Основные результаты диссертации:

1. Задача проектирования информационной системы сведена к задаче многокритериальной оптимизации. Произведен анализ основных характеристик рассматриваемой задачи, обзор методов многокритериальной оптимизации и теории принятия решений. Поставлена задача поиска экстремальных значений интеграла Шоке, а также ее робастный вариант.
2. Впервые предложены методы максимизации интеграла Шоке для нелинейных функций полезности и различных типов емкости. Рассмотрены выпуклый и невыпуклый случай.
3. Для решения невыпуклого случая предложен алгоритм представления произвольной емкости в виде максимума totally монотонных емкостей. Это позволило свести задачу максимизации интеграла Шоке по произвольной емкости к множеству выпуклых задач.
4. Для класса 2-аддитивных емкостей доказана минимальность получаемого разложения и получена характеристика числа элементов в разбиении заданной емкости.
5. Предложены методы построения сложных моделей, в которых критерии образуют некоторую сетевую структуру. Рассмотрены пути предварительного анализа вычислительной сложности для заданной модели, что позволяет более эффективно использовать разработанные методы в практических задачах.
6. Получены методы поиска робастного решения для задач, в которых параметры модели не могут быть определены однозначно. Проанализирована сложность проблемы, предложен алгоритм нахождения робастного решения. Доказано, что такое решение является оптимальным по отношению по крайней к одной из емкостей, согласующихся с изначальными предпочтениями.

Проведены численные тесты, подтверждающие корректность работы алгоритма. Методы робастного программирования применяются в задачах определения емкости впервые.

7. Детально рассмотрены примеры практического применения разработанных методов в многокритериальных задачах принятия решений. Рассматриваются варианты использования в качестве входных данных как массива информации, так и неточных экспертных оценок.

8. Разработано программное обеспечение, реализующее разработанные теоретические методы.

Научная новизна и практическая значимость

Как отмечалось ранее, неаддитивные интегралы являются одним из наиболее перспективных направлений в теории принятия решений при многих критериях. Результаты, полученные автором, обладают значительной научной новизной в данной области, особенно результаты связанные с поиском робастного решения в условиях неточно определенной модели.

Предложенные примеры практического применения полученных результатов детально проанализированы и близки к реальным практическим задачам. Автором используются разнообразные виды входных данных и подробно разбирается процесс определения параметров модели предпочтений. Приведенные методы качественного анализа полученного решения также, несомненно, будут полезны на практике. Таким образом, полученные в диссертации результаты обладают хорошей практической ценностью и потенциалом применения для решения прикладных задач.

Замечания, дискуссионные моменты

- **Относительная краткость обзора существующих методов решения многокритериальных задач оптимизации**

Приведенный в первой главе обзор существующих методов решения многокритериальных задач оптимизации является, возможно, излишне кратким. Автором достигается поставленная им цель – обоснование использования предлагаемых им методов моделирования предпочтений, однако, более полный обзор доступных методов несомненно усилил бы проведенный анализ. Впрочем, учитывая теоретический характер работы и постановку задачи, данное замечание является незначительным.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2014 г. № 842.

Диссертация Тимонина М.В. «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений» представляет собой законченную работу, выполненную на высоком уровне, а полученные автором результаты характеризуются высоким уровнем научной новизны и практической значимостью.

Соискатель проявил себя как квалифицированный исследователь, глубоко изучивший рассматриваемую научную проблему. Публикации содержат все основные результаты диссертации и опубликованы в ведущих журналах, в том числе международных. Диссертация отвечает требованиям ВАК РФ (п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2014 г. № 842.).

Таким образом, соискатель Тимонин Михаил Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)».

Официальный оппонент
доцент кафедры ИУЗ МГТУ им. Баумана

22.11.2018



Сакулин С.А.

105005, г.Москва, 2-я Бауманская д.5, МГТУ им.Н.Э. Баумана, Кафедра ИУ-3



Я СЫЗВЕРЯЮ

НИКА УПРАЗЛЕНИЯ КАДРОВ

263-60-48