

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ ИУ РАН,
академик РАН

И.А. Соколов

2018 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук.

Диссертация «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений» выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (отделение № 1 ИСА РАН ФИЦ ИУ РАН «Математические методы исследования макросистем»).

Соискатель, Тимонин Михаил Владимирович, в 2007 г. окончил НИЯУ МИФИ по специальности «Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2011 г.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор, Магницкий Николай Александрович, Федеральное государственное учреждение федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность работы

В последние годы одним из наиболее активно развивающихся направлений в теории принятия решений являются методы, основанные на так называемых неаддитивных мерах (емкостях). Использование этих методов позволяет снять множество ограничений классических подходов. Так, в многокритериальных задачах становится возможным моделирование широкого спектра видов взаимодействия между критериями. В задачах принятия решений в условиях неопределенности методы позволяют анализировать ситуации, в которых решение принимается в условиях неполной или неточной информации. При переходе от классических аддитивных подходов к неаддитивным, место интеграла Лебега занимают неаддитивные интегралы, в частности, интеграл Шоке. Несмотря на обилие публикаций, связанных с дескриптивным аспектом применения интеграла Шоке в задачах принятия решений, прескриптивный аспект, то есть задача выбора оптимального решения, на данный момент изучен

слабо. Очевидно, решение такой задачи должно проводиться методами математического программирования. В данной диссертации представлены подходы к решению задач поиска экстремальных значений интеграла Шоке, восполняющие этот пробел. Существенной сложностью при принятии решений является неточность и недостаточность входных данных. Зачастую, возможно лишь качественное описание анализируемой задачи, без каких либо количественных оценок. В случае, если такие оценки существуют, то, как правило, характеризуются лишь интервальными значениями. Такая ситуация часто встречается на практике, особенно при использовании в качестве входных данных экспертной информации. Последствием указанного факта является существенное снижение ценности решения задачи, так как оно либо не соответствует действительности, либо становится неверным даже при незначительном изменении состояния моделируемой системы. Учитывая, что в большинстве задач происходит постоянное взаимодействие с окружающей средой, решение не может считаться практически эффективным, если не производится учет всех возможных сценариев развития событий. Таким образом, методы, определяющие оптимальное решение, должны быть дополнены механизмами, обеспечивающими робастность получаемого результата.

На защиту выносятся следующие основные результаты и положения:

1. Методы максимизации интеграла Шоке по выпуклым и невыпуклым емкостям.
2. Методы построения сложных моделей с помощью так называемых многошаговых интегралов Шоке, а также методы анализа вычислительной сложности подобных конструкций.
3. Методы робастной оптимизации интеграла Шоке для случая, когда емкость определена не уникально.
4. Примеры практического применения разработанных методов.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка к публикации некоторых полученных результатов проводилась совместно с соавторами, при этом вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором. Впервые предлагаются:

1. Методы максимизации интеграла Шоке по выпуклым и невыпуклым емкостям [4,11,12,13,14,15];
2. Методы оптимальной декомпозиции произвольной емкости в множество полностью монотонных емкостей [11,13,14];
3. Методы нахождения оптимального решения в сложных моделях, построенных с помощью многошаговых интегралов Шоке, а также методы анализа вычислительной сложности подобных конструкций [11, 13];
4. Методы робастной оптимизации интеграла Шоке для случая, когда доступная информация не позволяет уникально определить параметры модели [12,15];
5. Примеры практического применения разработанных методов [1-11, 13].

Степень достоверности результатов. проведенных соискателем ученой степени исследований

Основные результаты диссертации докладывались на следующих конференциях:

1. 14th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. 9-13 июля 2012, Катания, Италия;
2. The 2nd International Conference on Belief Functions, 9-11 мая 2012, Компьень, Франция;
3. Общественный научный семинар "Математические методы анализа оптимальных решений в экономике, бизнесе и политике". Январь 2012, Высшая школа экономики, Москва;
4. 32nd Linz Seminar on Fuzzy Set Theory. Decision Theory: Qualitative and Quantitative Approaches. 1-5 февраля 2011, Линц, Австрия;
5. Научная сессия НИЯУ МИФИ, Москва, 2011;
6. Научная сессия НИЯУ МИФИ, Москва, 2010;
7. Научная сессия МИФИ, Москва, 2009;
8. 12-й Национальный форум информационной безопасности. Москва, 2009;
9. Всероссийская научно-практическая конференция "Информационная среда вуза 21 века". Петрозаводск 2008;
10. Научная сессия МИФИ, Москва, 2008.

Новизна и практическая значимость результатов проведенных соискателем ученой степени исследований

Разработанные автором методы оптимизации интеграла Шоке предлагаются впервые. Для решения невыпуклых задач в качестве вспомогательного результата также впервые предложен метод нахождения разложения произвольной емкости на минимальное число totally монотонных составляющих, а также найдено аналитическое выражение для верхней грани количества элементов в таком разложении для заданной емкости. Впервые предложено использование методов робастного программирования для решения проблем, связанных с идентификацией емкости.

Методы, полученные в работе, могут применяться в широком круге задач принятия решений — многокритериальных решений, решений в условиях неопределенности, а также задачах социального выбора. Особенно важное значение такие задачи имеют в экономике. Применение интеграла Шоке в многокритериальных задачах позволяет учитывать разнообразные виды взаимодействия между критериями, что приводит к значительно более точному моделированию анализируемой системы и позволяет получить дополнительную информацию при исследовании данных. В диссертации даны рекомендации по практическому использованию полученных методов, и рассмотрены два примера. В задаче оптимизации стратегии распределения ресурсов при создании систем защиты информации параметры модели определяются на основе неточной экспертной информации (см. также [1-11]), а в задаче анализа многокритериальных предпочтений потребителей и разработке соответствующих продуктов в условиях бюджетного ограничения, определение параметров модели производится с помощью статистических данных.

Ценность научных работ

Результаты диссертации обладают значительной практической и теоретической ценностью, и могут найти применение в широком круге отраслей науки, как технических (системном анализе, задачах искусственного интеллекта), так и социальных (экономике, психологии, и.т.п.).

Научная специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений» Тимонина Михаила Владимировича соответствует научной специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение) по разделу «физико-математические науки».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени

Результаты, полученные в диссертации, полностью опубликованы в 15 печатных работах, из них 2 статьи в международных рецензируемых журналах [11, 12], 5 статей в журналах, входящих в “Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации”, утвержденный ВАК [1-5], и 8 статей в сборниках трудов международных и всероссийских конференций [6-10, 13-15].

Список публикаций

1. Тимонин М. В., Лаврентьев В. С. Методика оценки целесообразности внедрения системы управления идентификационной информацией (IDM) на предприятии // Системы высокой доступности. 2009. Т. 2. С. 17–30.
2. Тимонин М. В., Лаврентьев В. С. Использование теории нечеткой меры для агрегации составляющих риска информационной безопасности // Безопасность информационных технологий. 2009. Т. 4. С. 31–35.
3. Тимонин М. В. Пример моделирования риска информационной безопасности с помощью теории нечеткой меры // Безопасность информационных технологий. 2010. Т. 1. С. 30–35.
4. Тимонин М. В. Проблема оптимизации распределения ресурсов при планировании стратегии информационной безопасности I. Теоретические основы. // Безопасность информационных технологий. 2011. Т. 2.
5. Тимонин М. В., Лаврентьев В. С. Сравнительный анализ подходов к моделированию риска информационной безопасности, основанных на теории нечетких множеств и Байесовых сетях. // Безопасность информационных технологий. 2010. Т. 2. С. 22–27.
6. Тимонин М. В. Моделирование риска информационной безопасности с помощью теории нечеткой меры. // Научная сессия НИЯУ МИФИ - 2010. Сборник научных трудов. Т. 5. 2010. С. 187–190.
7. Тимонин М. В. Оптимизация стратегии инвестирования в систему защиты информации в моделях, основанных на теории нечеткой меры. Тезисы докладов конференции “Проблемы информационной безопасности в системе высшей школы” // Безопасность информационных технологий. Т. 1. 2010. С. 109–111.
8. Тимонин М. В. Пример моделирования риска информационной безопасности с помощью теории нечеткой меры. // Научная сессия НИЯУ МИФИ - 2010. Сборник научных трудов. Т. 3. 2010. С. 130–131.
9. Тимонин М. В. Сравнительный анализ подходов к моделированию риска информационной безопасности, основанных на теории нечетких множеств и

байесовых сетях. // Научная сессия НИЯУ МИФИ - 2010. Сборник научных трудов. Т. 3. 2010. С. 134–135.

10. Тимонин М. В. Использование интеграла шоке для оптимизации распределения ресурсов в многокритериальных задачах. // Научная сессия НИЯУ МИФИ - 2011. Сборник научных трудов. Т. 3. 2011. С. 109–109.

11. Timonin M. Maximization of the Choquet integral over a convex set and its application to resource allocation problems // *Annals of Operations Research*. 2012. Vol. 196. P. 543–579. 10.1007/s10479-012-1147-9. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-012-1147-9>.

12. Timonin M. Robust optimization of the Choquet integral // *Fuzzy Sets and Systems*. 2013. Vol. 213, no. 0. P. 27 – 46. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011412001856>.

13. Timonin M. Resource Allocation Problems in Hierarchical Models Based on Multistep Choquet Integrals. // *Proceedings of the 32nd Linz Seminar on Fuzzy Set Theory. Decision Theory: Qualitative and Quantitative Approaches*. 2011. P. 89–97.

14. Timonin M. Choquet Integral as Maximum of Integrals with Respect to Belief Functions // *Belief Functions: Theory and Applications* / Ed. by T. Denoeux, M.-H. Masson. Springer Berlin / Heidelberg, 2012. Vol. 164 of *Advances in Intelligent and Soft Computing*. P. 117–124. 10.1007/978-3-642-29461-7_14. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-29461-7_14.

15. Timonin M. Minimax Regret Capacity Identification // *Advances in Computational Intelligence* / Ed. by S. Greco, B. Bouchon-Meunier, G. Coletti et al. Springer Berlin Heidelberg, 2012. Vol. 300 of *Communications in Computer and Information Science*. P. 198–207. 10.1007/978-3-642-31724-8_21. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31724-8_21.

Недостатки, отмеченные в данной работе, состоят в следующем:

К недостаткам работы можно отнести её относительно узкую направленность на задачу поиска экстремума числовой функции ценности, задающей предпочтения ЛПР, при этом отчасти оставляя за рамками вопросы возможной несогласованности и противоречивости в исходных данных. Однако, ввиду характера решаемой задачи и наличия большого количества публикаций, в том числе отечественных авторов, по данным вопросам, недостаток не является существенным.

Указанные недостатки не снижают научной и практической ценности диссертационной работы Тимонина М.В.; полученные в ней результаты вносят существенный вклад в развитие теории и практики применения интеграла Шоке для решения задач принятия решений. ФИЦ ИУ РАН отмечает, что все

результаты работы, включенные в диссертацию, получены впервые и принадлежат лично Тимонину М.В.

Заключение

ФИЦ ИУ РАН считает, что диссертация Тимонина М.В. «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в многокритериальных задачах распределения ресурсов» является законченной научно-исследовательской работой и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор за разработку методов решения экстремальных задач с целевой функцией в виде интеграла Шоке заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Методы поиска экстремальных значений интеграла Шоке и их применение в задачах принятия решений» Тимонина Михаила Владимировича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение).

Заключение принято единогласно на заседании семинара отделения № 8 ФИЦ ИУ РАН. Присутствовало на заседании 22 чел. (в том числе 5 приглашенных). Результаты открытого голосования: «за» - 22 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол № 5 от 13 июня 2018 г.

Зав. отделением № 8 ФИЦ ИУ РАН,
академик РАН

Ю.С. Попков

«13» июня 2018 г.