

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Торишного Романа Олеговича
«Аппроксимация вероятностных критериев и их
производных при непрерывных распределениях случайных
параметров», представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 2.3.1 –
«Системный анализ, управление и обработка информации,
статистика»

В диссертации Р.О. Торишного исследуются в общем виде задачи стохастического программирования, включающие в себя вероятностную или квантильную функцию. В работе описывается метод аппроксимации функции вероятности и ее производных посредством замены дельта-функции в представлении функции вероятности на ее гладкую аппроксимацию. Эта замена позволяет использовать модифицированные классические численные методы оптимизации для решения задач стохастического программирования. Метод предложенной гладкой аппроксимации, равно как и модифицированные численные методы, апробируются в работе на примере решения некоторых известных практических задач стохастического программирования.

Вопросам адаптации численных методов решения задач стохастического программирования и оценкам значений градиента функции вероятности были посвящены работы Р. Хенриона, В. Акоя, Х. Вайсхаупта, Д. Зельтермана, Г. Пфлюга, Дж. Гарньера, К. Марти и других, в которых либо описаны принципы решения частных задач стохастического программирования, либо представлены методы приближенного вычисления или оценки градиента функции вероятности для некоторых конкретных видов распределения случайной величины. Более универсальным и общим подходом к получению приближенных значений производных вероятностных функций видится исследование субградиентов функции вероятности, описанное в работах Э. Парзена и М. Розенблатта. В них строится последовательность аппроксимирующих функций для субградиентов функции вероятности, причем каждое семейство аппроксимирующих функций получается заменой индикаторной функции в интегральном представлении функции вероятности на некоторую гладкую функцию. Данное направление было развито в трудах Р. Леппа, Э. Тамм, К. Марти, в которых были исследованы субградиенты получившихся аппроксимированных функций и рассмотрены механизмы решения некоторых задач стохастического программирования. Смежные с этими вопросы также были затронуты в работах Ю.М. Ермольева, В.И. Норкина, Р. Уэтса и С.П. Уряшева.

В диссертационной работе Р.О. Торишного фактически исследуется частных случай метода аппроксимации Парзена-Розенблатта, заключающийся в приближении дельта-функции в функции вероятности сигмоидой. Принципиальными отличиями рассматриваемого метода от ранее рассмотренных методов являются параметризация аппроксимирующей функции, достаточно щадящие условия применимости аппроксимации, а также универсальность метода аппроксимации при решении задач стохастической оптимизации разного вида. В частности,

Общедиагностический центр
обеспечения МАИ

в работе рассматриваются задачи по оптимизации с вероятностным ограничением, задачи с вероятностной критериальной функцией и вероятностной функцией ограничений, а также задачи по построению оптимальных множеств. При этом предметная область рассмотренных задач так же варьируется – рассмотрены задачи в области обеспечения безопасности в авиационной технике, задачи по оптимальному проектированию систем водоснабжения, задачи по оптимальному инвестированию. Область решения задач стохастической оптимизации и различных методов аппроксимации, в ней применяемых, является очень важной, поэтому актуальность и важность проведенного Р.О. Торишным исследования представляется несомненной.

Диссертация состоит из введения и четырех глав.

В первой главе получены основные теоретические результаты всего диссертационного исследования. Описан метод аппроксимации на основе замены функции Хевисайда на сигмоидальную функцию. Доказаны теоремы о сходимости аппроксимации функции вероятности и ее производных к точным значениям. Приведено выражение для оценки погрешности аппроксимации функции вероятности. Дополнительно автором показываются выражения для вычисления приближенных значений функции вероятности и ее производных с помощью интегрирования по объему, что выгодно отличает метод аппроксимации от некоторых других методов, где используется интегрирование по поверхности.

Вторая глава диссертации посвящена решению некоторых теоретических задач стохастического программирования. В этой главе предлагается алгоритм приближенного построения границы альфа-ядра вероятностной меры с помощью гладкой аппроксимации. Суть построения сводится к вычислению изокванты функции вероятности путем решения специального дифференциального уравнения, а сам алгоритм построения представляет собой модификацию метода Эйлера и достаточно прост. Также во второй главе предлагается новый алгоритм решения задачи стохастического программирования с вероятностным критерием, полиэдральной функцией потерь и полиэдральной функцией ограничений. Этот алгоритм ценен, помимо прочего, демонстрацией преобразования целевой негладкой функции (гладкость функции потерь является необходимым условием применимости аппроксимации) с использованием преобразования гладкого максимума, что расширяет область применения описываемой методики приближения.

В третьей главе предложены новые решения прикладных задач стохастического программирования: 1) задачи оптимизации площади взлетно-посадочной полосы при ограничении на вероятность успешной посадки; 2) задачи определения множества допустимых векторов скорости ветра в момент вылета с вероятностным ограничением на разрешение посадки в момент прилета; 3) задачи проектирования системы водоснабжения с ограничением на вероятность удовлетворения потребности в пресной воде. Проведено сравнение полученных результатов с решениями, полученными с помощью доверительного метода. Также в этой главе рассматривается задача об оптимальном инвестиционном портфеле, на основе которой проводятся численные эксперименты по аппроксимации вторых производных функции вероятности и проводится анализ зависимости вида поверхности приближенной функции вероятности от параметра аппроксимации.

В четвертой главе описывается зарегистрированный автором программный комплекс, разработанный для расчета и визуализации аппроксимаций функции вероятности и ее производных. Также в рамках иллюстрации работы с программным комплексом решена задача формирования портфеля с минимальным риском на основе реально наблюдаемых цен закрытия акций трех российских компаний.

Результаты, полученные в диссертации, являются новыми. Приведены доказательства сходимости предложенной аппроксимации для всех приближаемых функций, а также показана применимость аппроксимации к решению целого ряда задач стохастической оптимизации. Разработанный программный комплекс позволяет решать ряд практических задач.

Достоверность научных положений, выводов и заключений, сформулированных в диссертации, подтверждается строгими и четкими математическими доказательствами, а также разобранными примерами решения задач, показывающими область применения полученных результатов.

Работа написана на хорошем математическом уровне. Отметим примеры решения задач, которые хорошо иллюстрируют применение предложенного подхода к аппроксимации, аккуратное проведение сложных выкладок и их хорошее и ясное изложение.

В то же время, в работе замечены и следующие недостатки:

1. Ряд несущественных опечаток (ядро иногда написано с большой буквы, а иногда с маленькой, шрифт для описания буквы М математического ожидания тоже разный).
2. По ряду рассмотренных формул не всегда понятны условия, когда они верны (к примеру, формула (1.9.1) на странице 51).
3. Использование равномерного, а не логнормального распределения доходности не дает полного применения указанного подхода к задаче формирования оптимального инвестиционного портфеля.

Указанные недостатки относятся лишь к представлению материала в диссертации, а не к ее математической стороне, и не снижают общего положительного впечатления от работы.

Работа апробирована на различных представительных семинарах и научных конференциях; основные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 научных работах, из которых 3 опубликованы в периодических изданиях, входящих в перечень ВАК и цитируемых международными базами Web of Science и Scopus; 2 опубликованы в периодических изданиях, входящих в перечень ВАК; 2 опубликованы в периодических изданиях, цитируемых международными базами Web of Science и Scopus; 5 опубликованы в качестве тезисов докладов в трудах российских и международных конференций. Автором разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ.

Основное содержание диссертации своевременно и полно опубликовано в открытой печати.

Автореферат правильно и в полном объеме отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы вносят весомый вклад в область решения задач стохастического программирования.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям ВАК РФ, а ее автор, Торишный Роман Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Доцент кафедры высшей математики
ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт»
кандидат физико-математических наук, доцент

Куликов / А.В. Куликов
11.09.23.

Подпись к.ф.-м.н. А.В. Куликова заверяю  Ученый секретарь Ученого Совета МФТИ,
к.ф.-м. н., доцент Е.Г. Евсеев

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»
141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.
Тел.: +7 (905) 534-16-42. E-mail: kulikov.alexandr@phystech.edu

С отзывом ознакомлен
21.09.23 *Торишный Р.О.*