

**Отзыв официального оппонента  
на диссертационную работу Воронцова Ярослава Александровича  
«Математическое моделирование задач выбора с расплывчатой  
неопределённостью на основе методов представления и алгебры  
нечётких параметров», представленную на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 –  
«Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ»**

**Актуальность темы диссертации**

Для настоящего времени характерно стремление к широкому применению математических методов для описания и анализа сложных технических, экономических, социальных, экологических и других систем. Отличительная особенность многих из этих систем состоит в том, что помимо объективных законов в их функционировании существенную роль играют субъективные представления, суждения и даже эмоции людей. Язык традиционной математики, опирающийся на традиционную теорию множеств и двузначную логику, недостаточно гибок для моделирования реальных сложных систем, поскольку в нем нет средств достаточно адекватного описания понятий, которыми пользуется человек, и которые имеют неопределенный смысл. Поэтому для дальнейшего успешного применения математических методов в качестве инструмента для анализа сложных систем необходимы средства более точного учета нечетких представлений и суждений людей о реальном мире в математических моделях.

Достаточно широкий класс представляют системы, в которых достоверно известны функциональные связи между элементами, а параметры не поддаются точному измерению и определяются, как правило, на основании знаний экспертов. Для анализа и оптимизации подобных систем целесообразно использовать аппарат нечеткой арифметики. Однако при использовании данного аппарата в большинстве известных работ остается нерешенным ряд проблем, связанных с неограниченным ростом неопределенности результатов обработки нечеткой информации, нарушением естественных отношений в уравнениях, затруднениями при построения линейного порядка на множестве нечетких чисел и обеспечением устойчивости решения.

Таким образом, тема диссертационной работы Воронцова Я.А. представляется актуальной и интересной.

## Содержание работы

Представленная к защите диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 158 страницах, содержит 16 рисунков, 3 таблицы, 131 наименование литературных источников.

Во введении автором обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, методы проведения исследования, обоснована достоверность полученных результатов, приведены сведения о публикациях автора и об апробации работы.

В первой главе изложены основные понятия теории нечетких множеств, приведена классификация нечетких моделей, выявлены проблемы, возникающие при решении оптимизационных задач методами классической нечеткой арифметики.

На основе проведенного анализа автор определяет направление диссертационного исследования. Сформулированы требования, предъявляемые к алгебраической системе, пригодной для использования в моделях с четкими отношениями и нечеткими параметрами.

Во второй главе проведен анализ существующих алгебр нечетких чисел: рассмотрены нечеткие  $LR$ -числа, вычисления с использованием интервальной нечеткости на основе декомпозиции нечетких чисел. Сделан вывод о необоснованном увеличении нечеткости при использовании известных подходов к нечетким вычислениям.

Предложена модификация  $LR$ -чисел на основе преобразования  $L$ , рассмотрены свойства этого преобразования. Построена алгебра модифицированных нечетких чисел, которая образует кольцо над рассматриваемым множеством и позволяет осуществлять арифметические операции над его элементами. Предложена методика двухточечных вычислений, позволяющая проводить операции только на двух  $\alpha$ -уровнях нечетких чисел.

С целью сохранения исходной экспертной информации введены в рассмотрение также двухкомпонентные нечеткие числа и определена алгебра над ними.

Рассмотрена проблема устойчивости нечетких решений на примере оптимальной задачи выбора с нечеткими параметрами, сформулировано условие устойчивости решения.

Третья глава посвящена тестированию разработанных моделей и методов обработки нечетких числовых переменных. В качестве примера выбрана задача сетевого планирования.

Приведена классификация методов решения задачи сетевого планирования с нечеткими параметрами; получено решение задачи сетевого планирования, обеспечивающее устойчивые результаты; предложен алгоритм поиска критического пути и проведено его сравнение с аналогичными алгоритмами, описанными в литературных источниках, продемонстрировано их качественное соответствие.

В четвертой главе отмечены особенности задачи планирования в сфере аутсорсинга; предложен алгоритм преобразования вершинного графа в стрелочный. Приведено описание разработанного программного комплекса, позволяющего выполнять автоматизированный сетевой анализ проекта с нечеткими временными оценками.

В заключении представлены выводы по результатам проведенных исследований.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается обоснованным анализом применяемых моделей и методов, данными компьютерного моделирования. Полученные результаты согласуются с опубликованными результатами исследований других авторов.

### **Научная новизна**

1. Автором предложено преобразование  $L$  треугольных нечетких чисел  $LR$ -типа в числа  $LL/RR$ -типа и построена алгебра, образующая кольцо над множеством модифицированных нечетких чисел, что позволяет проводить арифметические операции над ними.

2. Разработан алгоритм, позволяющий получать устойчивое решение задачи линейного программирования с нечеткими параметрами.

### **Практическая значимость работы**

Результаты диссертационной работы позволяют расширить область применения методов моделирования с использованием четких отношений и нечетких параметров. Основные теоретические положения доведены до уровня их практического применения в виде программного комплекса «CSBusinessGraph», используемого в деятельности по первоначальной оценке проектов ООО «Философт».



### Апробация работы

Результаты проведенных исследований прошли достаточно обстоятельную апробацию на научных семинарах и международных конференциях. Основное содержание работы опубликовано в 11 публикациях, включая 4 статьи в журналах из перечня ВАК.

### Замечания по работе

1. Было бы желательно оценить (хотя бы на качественном уровне), к какой потере информации приводит линеаризация при определении операции умножения в предложенной алгебре (п. 2.3.1) на примере двух-трех последовательно выполненных операций.

2. В п. 3.1.2 отмечена «громоздкость вычислений, основанных на принципе обобщения Заде». Однако из текста диссертации неясно, является ли этот недостаток принципиальным, принимая во внимание современный уровень развития средств вычислительной техники.

3. К сожалению, в работе ничего не сказано об актуальности и возможности обратного преобразования  $L$ , ставящего в соответствие  $LL/RR$ -числам  $LR$ -числа.

4. Представляется целесообразным введение некоторой меры, позволяющей оценивать потерю экспертной информации при осуществлении преобразования  $L$ .

Указанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы.

### Общая характеристика диссертационной работы

Представленная к защите диссертационная работа Воронцова Я.А. посвящена актуальной задаче построения и исследования моделей учета нечеткой неопределенности, обеспечивающих требуемые свойства решения различных прикладных задач. Диссертация является самостоятельно выполненной завершенной научно-квалификационной работой. Поставленные задачи решены, цель исследований достигнута. Личный вклад автора не вызывает сомнений.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Публикации автора соответствуют теме диссертационной работы, включают в себя ее основные положения.

На основании изложенного считаю, что работа Воронцова Я. А. «Математическое моделирование задач выбора с расплывчатой неопределённостью на основе методов представления и алгебры нечётких параметров», удовлетворяет требованиям п. 9 Положения ВАК РФ «О порядке присуждения учёных степеней» (в редакции, утверждённой правительством РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), содержит решение задачи, имеющей значение для развития систем поддержки принятия решений в условиях неопределённости, а её автор, Воронцов Ярослав Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент  
доцент кафедры управления и информатики  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
профессионального образования  
«Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» к.т.н., доцент

Анисимов Д.Н.

Тел.: (495) 362-78-19

e-mail: anisimovdn@mpei.ru

111250 Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

Подпись Анисимова Д.Н. заверяю:  
Начальник управления кадров

15.04.15

Баранова Е.Ю.

