

Шаталова Алевтина Юрьевна

**НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО
ИНВЕСТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**



Диссертация на соискание учёной степени
по специальности **05.13.18** – Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ

Научные руководители:

Семенчин Евгений Андреевич,

доктор физико-математических наук,
доцент **Лебедев Константин Андреевич**

АКТУАЛЬНОСТЬ



В реальных экономических условиях, вопрос оптимизации отличается от стандартных задач линейного программирования тем, что ограничения заданы не жёстко, и могут «немного» нарушаться в связи с неточно определенными экономическими показателями или погрешностями при подсчете.

Предлагается формализовать нечёткие понятия с помощью теории нечетких множеств, которая появилась в результате обобщения и переосмысления достижений в многозначной логике, теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики, теории матриц, теории графов, теории грамматики.

Методики решения задач с нечёткими коэффициентами связаны с проблемой построения арифметических операций над нечеткими множествами и в линейном программировании используют расширенные методы, имеющие различные формальные подходы. В настоящее время не существует общего алгоритма решения подобных задач. Предложенные частные подходы предлагают проделывать объёмные вычисления с нечёткими числами, сопровождаемые созданием программного комплекса, которое специфично для каждой решаемой задачи.

ПРОРАБОТАННОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ



Анализ, построение и разработка математических методов моделирования в данном направлении достаточно представлены во многих исследованиях зарубежных и российских учёных. Среди которых выделяют таких как:

L. Zadeh,
A. Piegat,
J. Drewniak,
D. Dubois,
H. J. Zimmerman,
R. Fuller,
M. Hanss,

X. Huang,
M. Inuiguchi,
J. Ramik,
C. Kahraman,
D. Ruan,
E. Tolga,
A. Kaufmann,


M. Gupta,
D. Kuchta,
M. Fifier,
А.В. Алексеев,
Н.В. Дилигенский,
Л.Г. Дымова,
Н. К. Хачатрян

П.В. Севастьянов,
Ю. П. Зайченко,
С.А. Калмыков,
Ю.И. Шокин,
З.Х. Юлдашев,
Д. Т. Мухамедиева,
В. Е. Лялин и др.

Обратной стороной использования моделей с нечёткостью стало возникновение противоречий между решениями, повышение вычислительной сложности задач, а также проблема интерпретации данных.

В связи с этим, актуальность указанной научной проблемы обусловлена недостаточной математической разработанностью методологии математического нечеткого линейного моделирования, а также эффективных численных методов для решения данного круга задач.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ



Разработка математических методов оптимизации в задачах линейного программирования и модели Альтмана с нечёткими данными для увеличения прогностической функции моделей принятия оптимальных решений инвестирования.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ



Объектом исследования является нечеткое моделирование,

а предметом исследования – математические модели оптимального инвестирования задач с нечеткими данными.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА



Научная новизна реализована в следующих результатах, полученных автором:

В области математического моделирования:

Предложен **метод моделирования оптимизации** в задачах линейного программирования с входными данными в виде нечётких чисел – «Параметрический α -уровневый метод λ -продолжения для задачи нечёткого линейного программирования», отличающийся от существующего четырехстороннего обобщением его до двустороннего подхода, тем самым ускоряя процесс решения, одновременно давая качественный приближенный аналитический метод исследования математической модели оптимизации, реализующий возможность заранее влиять на нечеткость входных параметров, и в отличие от предыдущего использовать только те входные значения, для которых множество решений не пусто. Модель также позволяет влиять на получаемые результаты интерактивно, осуществляя имитацию для различных случайных значений .

НАУЧНАЯ НОВИЗНА (2)



В области численных методов:

Предложен вычислительный алгоритм использования «нечетких» данных, реализующий математическую модель на основе **метода моделирования пятифакторной модели Альтмана** с использованием среднеквадратичного интегрального приближения и теории нечётких множеств, отличающийся от существующего тем, что использует нечетко-заданные показатели, давая возможность интерактивно влиять на степень неопределенности и достоверность получаемых результатов.

В области комплексов программ:

Разработана **система компьютерного и имитационного моделирования** оптимизации задачи нечеткого линейного программирования, отличающаяся от существующих реализацией алгоритма параметрического α -уровневого метода λ -продолжения и отсутствием подключаемых внешних модулей. Разработана **программа для оценки кредитоспособности предприятия**, отличающаяся от ранее разработанной, дополнительным блоком «размытия» входящих коэффициентов. Разработан **алгоритм оптимального инвестирования**, реализованный в виде проблемно-ориентированной программы отличающийся от существующих тем, что содержит новые функциональные элементы для оптимизации с учетом произвольного количества инвестиционных проектов и длительностью инвестирования, позволяющий вычислить чистый приведенный эффект.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ



1. Три оригинальные модели:

«Параметрический α -уровневый метод λ -продолжения для задачи нечёткого линейного программирования», отличающийся от существующего метода вывода тем, что устраняет недостаток отсутствия решений для чувствительных коэффициентов.

«Усовершенствованная пятифакторная модель Альтмана», расширена путем представления входных данных в качестве треугольных нечётких чисел.

«Математическая модель линейного программирования оптимизации инвестиционных проектов», позволяющая с учетом альтернативных источников инвестирования, минимизировать начальные вложения, максимизировать доход, получаемый предприятием по окончании процесса инвестирования при неизменном и периодически пополняющемся инвестиционном фонде предприятия, оптимизировать процесс финансирования инвестиционных проектов с учетом индекса риска и средней продолжительности инвестирования.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ



2. Модифицированные логические и численные методы, используемые при построении вычислительных алгоритмов

имитационной модели параметрического -уровневого метода продолжения задачи нечёткого линейного программирования, позволяющего проводить анализ, показывающий как влияет неопределенность на оптимальное решение задачи, влияя в зависимости от чувствительности модели на конечный результат;

имитационной усовершенствованной модели оптимальной аппроксимации функции Альтмана, с помощью численного метода среднеквадратичного приближения в конечномерных линейных нормированных пространствах с экономическими показателями в виде нечетких чисел для определения влияния возникающей погрешности среди экономических показателей.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ



3. Ряд программных модулей разработанных на основе существующих моделей и предложенных численных методов:

разработаны комплексы программ **«Программа оптимизации инвестиционного портфеля с учетом рисков» (POIPR),**

«Программа оптимизации задачи нечеткого линейного программирования параметрического метода продолжения» (POFLPP),

«Программа для оценки кредитоспособности предприятия» (PDMSC), в отличие от существующих, не использующие сторонние модули, реализующие новые численные решения, выше указанных проблем, а также эффективны при проведении экспериментов с дискретно-непрерывными моделями сложных экономических процессов для получения и отслеживания их динамики в экстремальных условиях.

ПУБЛИКАЦИИ ВАК

1. Семенчин, Е. А. **Математическая модель максимизации прибыли, получаемой банком за счет реализации инвестиционных проектов** / Е. А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 6 (часть 1). – С. 258–262.
2. Семенчин, Е. А. **Инвестиционный портфель с переменным объемом фонда инвестирования** / Е. А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 9. – С. 739–744.
3. Семенчин, Е. А. **Обобщенная математическая модель инвестирования предприятий с учетом рисков** / Е. А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12 (часть 1). – С. 228–232.

По специальности 05.13.18

4. Шаталова А.Ю. **Параметрический α -уровневый метод λ -продолжения для задачи нечеткого линейного программирования** / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // *«Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика»*. – 2018. – № 1 – С. 34–51.
5. Шаталова А.Ю. **Имитационное моделирование задачи нечеткого линейного программирования с α -уровневым методом λ -продолжения** / А.Ю.Шаталова, К.А. Лебедев // *Computational nanotechnology* – 2019. № 2. – С. 71–76.
6. Шаталова А.Ю. **Усовершенствованная пятифакторная модель Альтмана для оценки кредитоспособности предприятия с нечеткими экономическими показателями** / А.Ю.Шаталова, К.А.Лебедев // *Computational nanotechnology* – 2020. № 3. – С. 73–96.

ОСТАЛЬНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ (2)



7. Семенчин Е.А. Оценка эффективности оптимального инвестиционного портфеля / Е.А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // Вестник КубГУ. Естественные науки.– 2013. – № 2. – С. 25–28.
8. Семенчин Е.А. Методика оценки эффективности оптимального инвестиционного портфеля / Е.А. Семенчин, А. Ю., Шаталова // «Экономическое развитие России в условиях глобальной нестабильности: тенденции и перспективы». Сочи. КубГУ. Естественные науки. – 2012. – С. 51–64.
9. Семенчин Е. А. Оптимизация инвестиционного портфеля с ограниченным объемом инвестирования / Е. А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // Экономика и эффективность организации производства / Брянская государственная инженерно-техническая академия. Брянск. – № 17 – 2012. – С.91–95.
10. Семенчин Е. А. Труды 17-й Международной научно-практической конференции. Вероятностная оценка эффективности оптимального инвестиционного портфеля «Экономика, социология и право в современном мире: проблемы и поиски решений» / Е.А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // Пятигорская конференция. – 2012. – С.22–25.
11. Шаталова А. Ю. Методика решения обобщенной математической модели инвестирования предприятий с учетом рисков // Научный электронный архив [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – 2012. Режим доступа : <http://econf.rae.ru/article/6521>
12. Шаталова А. Ю. Вероятностная оценка эффективности оптимального инвестиционного портфеля / А. Ю. Шаталова, Семенчин, Е. А // 17-я Международная научно-практическая конференция «Экономика, социология и право в современном мире: проблемы и поиски решений». – 2013. – С.84–89.
13. Семенчин Е. А. Математическое моделирование процесса финансирования инвестиционных проектов / Е. А. Семенчин, А. Ю. Шаталова // II Международная заочная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 43–54.
14. Шаталова А. Ю. Математическое моделирование процесса финансирования инвестиционных проектов / А. Ю. Шаталова // XVII Международная научно-практическая конференция «Актуальные процессы формирования интегративно-целостного мышления в современном научном мире». – 2014. – С. 58–66.
15. Шаталова А.Ю. Оптимизационные задачи финансирования инвестиционных проектов / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // IV Международная научно-практическая конференция. Современные концепции научных исследований. Часть 8. Москва. – 2014. – С. 81–83.). – 2018. – С. 119–122.
16. Шаталова А.Ю. Оптимизационные задачи финансирования / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // XXXI-я Международная научная конференция «Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения». Липецк. – №5 – 2015. – С. 62–63.

ОСТАЛЬНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ (2)



17. Шаталова А.Ю. Нечёткое линейное программирование в задаче оптимального финансирования инвестиционных проектов, максимизирующей получаемый предприятием доход / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // Журнал «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований». – №9 (часть 1). – 2015. – С. 35-38.
18. Shatalova A. Y. The Necessary Condition for Sustainable Solvability of a Linear Programming Problem with Fuzzy Numbers / A.Y. Shatalova, K.A. Lebedev // Modern science: actual problems and their solutions. – 2015. – P. 27.
19. Шаталова А.Ю. Основные концепции научных исследований линейной оптимизации с неточными данными / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // Периодический научный сборник «Современные тенденции развития науки и технологий» / XIX международная научно-практическая конференция / Белгород. – 2016. – С.25–27.
20. Шаталова А.Ю. Прикладные результаты модели оценки кредитоспособности предприятия с применением теории нечётких множеств и теории Альтмана / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // Вестник научных конференций. – N 8-2(24). – 2017. – С. 120–121.
21. Шаталова А. Ю. Параметрический альфа-уровневый метод лямда-продолжения задач нечёткого линейного программирования / А. Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // Научная дискуссия: инновации в современном мире: сб. ст. по материалам LXVII Международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: инновации в современном мире». – № 7(66). – М., Изд. «Интернаука». – 2017. – С. 9–12.
22. Shatalova A. Improving the Altman method for Assessing the Creditworthiness of Enterprises with Economic Indicators in the Form of Fuzzy Numbers / A. Shatalova, I. Shevchenko, K. Lebedev, B. Bamadio // The International Scientific Practical Conference «Business cooperation as a resource of sustainable economic development and investment attraction» – 2019. – С. 15–18.
23. Шаталова А. Ю. Реализация нечёткого подхода при оптимизации стоимости доставки глины для Краснодарского кирпичного завода / Шаталова А.Ю. // VIII Международная научная конференция «Задачи и методы компьютерного моделирования конструкций и сооружений» («Золотовские чтения») – 2019. – С. 101–111.
24. Шаталова А. Ю. Имитационное моделирование задачи нечёткого линейного программирования с альфа-уровневым методом лямда-продолжения / А. Ю. Шаталова // Евразийский союз ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал № 12 (57) / 3 часть. – 2018. – С. 71–76
25. Шаталова А.Ю. Усовершенствованный метод Альтмана для оценки кредитоспособности предприятия / А.Ю. Шаталова, К.А. Лебедев // Вестник научных конференций. – N 4-2(32). – 2018. – С. 119–122.

ПРОГРАММЫ



1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 218788 (РФ).
Программа оптимизации инвестиционного портфеля с учетом рисков / Шаталова А. Ю., Семенчин Е. А. – Зарегистрировано 31.10.2012, бюллетень № 2012619324.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017611451 (РФ). Программа оптимизации задачи нечёткого линейного программирования параметрического метода продолжения / Шаталова А. Ю., Лебедев К.А. – Зарегистрировано 03.02.2017, бюллетень № 2016663477.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

- 1.1 Задача линейного программирования
- 1.2 Теория нечетких множеств
 - 1.2.1 Подходы к формализации нечётких данных
 - 1.2.2 Нечёткая алгебра и бинарные нечёткие отношения
 - 1.2.3 Анализ существующих теорий и математических методов оптимизации в задачах линейного программирования с нечёткими данными.

1.3 Оптимизационный метод на основе теории Альтмана для оценки банкротства предприятия

1.4. Выводы к первой главе

ГЛАВА 2. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОДОЛЖЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕЧЁТКОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

2.1. Задача нечёткого линейного программирования на основе четырёхстороннего метода вывода

2.2 Параметрический -уровневый метод -продолжения задачи нечёткого линейного программирования

2.3. Имитационное моделирование

2.3.1 Имитационное моделирование задачи нечёткого линейного программирования с α -уровневым методом λ –продолжения

2.3.2 Имитационное моделирование в задаче оптимизации стоимости доставки глины для Краснодарского кирпичного завода

2.4 Программа оптимизации задачи нечеткого линейного программирования параметрического метода продолжения (POFLPP)

2.5 Выводы ко второй главе

ГЛАВА 3. УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД АЛЬТМАНА ДЛЯ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ В ВИДЕ НЕЧЁТКИХ ЧИСЕЛ

3.1 Усовершенствованный метод Альтмана для оценки кредитоспособности предприятия с экономическими показателями в виде нечётких чисел

3.2 Имитационная модель усовершенствованного метода Альтмана

3.3 Программа для оценки кредитоспособности предприятия (PDMSC)

3.4 Выводы к третьей главе

ГЛАВА 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

4.1 Оптимизационные задачи финансирования инвестиционных проектов

4.1.1. Математическая модель оптимального финансирования инвестиционных проектов, минимизирующая начальные вложения

4.1.2. Методика решения обобщенной математической модели инвестирования предприятий с учетом рисков

4.1.3. Математическая модель, максимизирующая получаемый доход предприятия

4.1.4. Математическая модель, максимизирующая получаемый доход предприятия, при периодическом изменении инвестиционного фонда и с учетом альтернативных источников инвестирования

4.1.5 Оценка эффективности оптимального инвестиционного портфеля

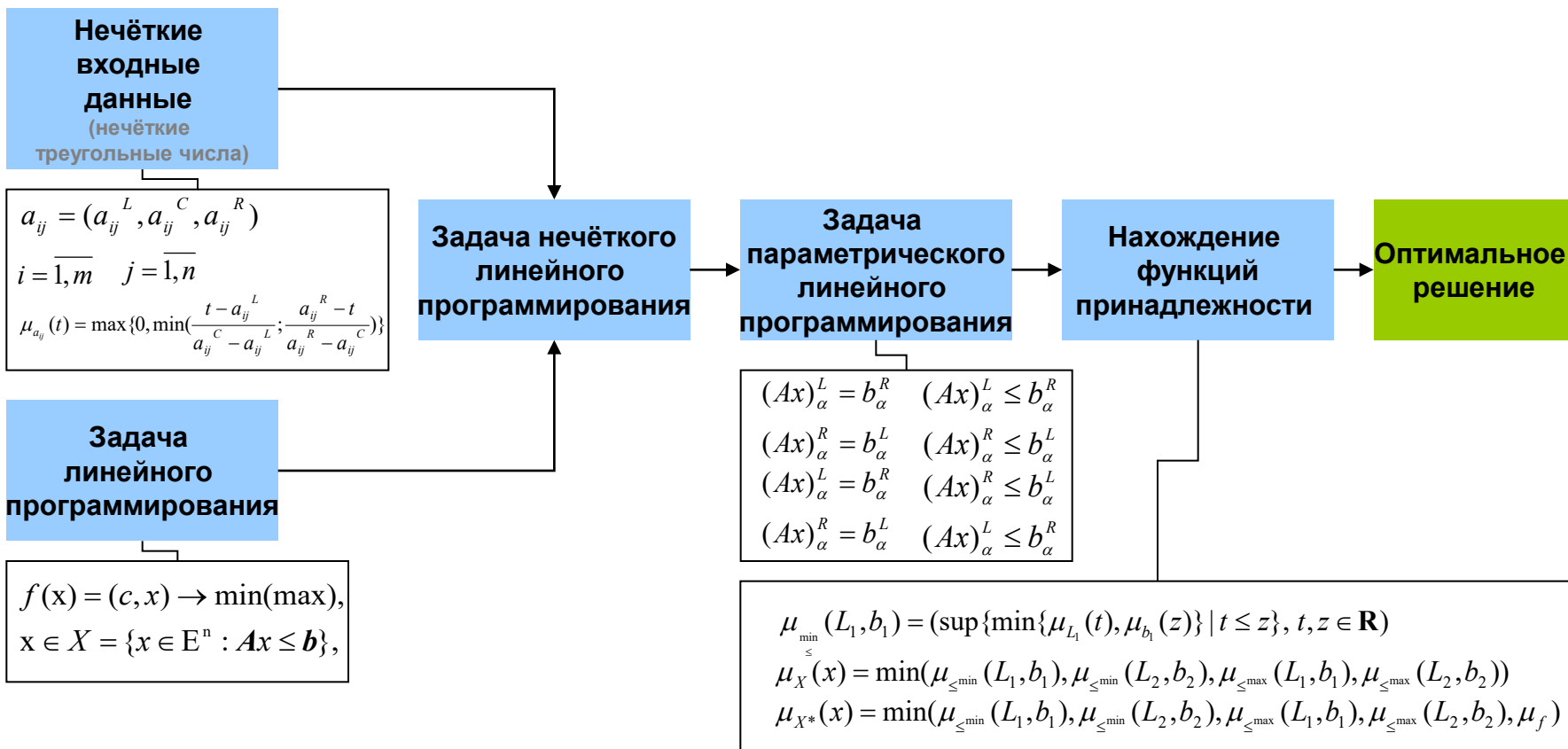
4.2 Программа оптимизации инвестиционного портфеля с учетом рисков (POIPR)

4.3 Выводы к четвертой главе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Параметрический α -уровневый метод задачи нечёткого линейного программирования



Фидлер М. **Задачи линейной оптимизации с неточными данными** // Фидлер М., Недома Й., Рамик Я., Рон И., Циммерманн К. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2008.

Параметрический α -уровневый метод задачи нечёткого линейного программирования (2)



$$a_{ij} = (a_{ij}^L, a_{ij}^C, a_{ij}^R)$$

$$i = \overline{1, m} \quad j = \overline{1, n}$$

$$\mu_{a_{ij}}(t) = \max\{0, \min\left(\frac{t - a_{ij}^L}{a_{ij}^C - a_{ij}^L}; \frac{a_{ij}^R - t}{a_{ij}^R - a_{ij}^C}\right)\}$$

$$A^L = aL + (aC - aL)\alpha$$

$$A^R = aR - (aR - aC)\alpha \quad \alpha \in [0,1]$$

Расширения бинарного отношения неравенства «меньше или равно»:

$$A \leq B : A^L \leq B^R \quad \text{«слабое»}$$

$$A \leq B : A^R \leq B^L \quad \text{«сильное»}$$

$$(c^T x)_\alpha^L \rightarrow \min(\max) \quad (Ax)_\alpha^L \leq b_\alpha^R \quad \mathbf{1.}$$

$$(Ax)_\alpha^R \leq b_\alpha^L \quad \mathbf{2.}$$

$$(c^T x)_\alpha^R \rightarrow \min(\max) \quad (Ax)_\alpha^L \leq b_\alpha^R \quad \mathbf{3.}$$

$$(Ax)_\alpha^R \leq b_\alpha^L \quad \mathbf{4.}$$

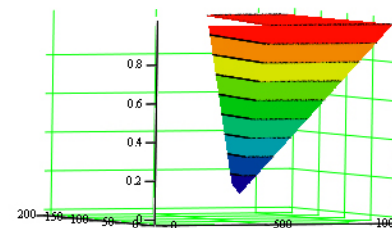
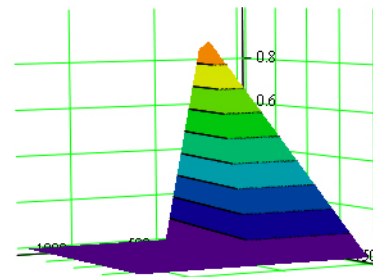


Рис. Вид функций принадлежности нечёткого отношения рассмотренной в статье экономической задачи для обоих видов ограничений множества допустимых решений.

Шаталова, А.Ю. **Нечёткое линейное программирование в задаче оптимального финансирования инвестиционных проектов, максимизирующей получаемый предприятием доход** / А.Ю. Шаталова, К. А. Лебедев // Журнал «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований» №9 (часть 1), 2015.

Параметрический α -уровневый метод λ -продолжения задачи нечёткого линейного программирования



1. $\lambda(c^T x)_\alpha^L + (1 - \lambda) \cdot (c^T x)_\alpha^R \rightarrow \min(\max)$
 $\lambda(Ax)_\alpha^L + (1 - \lambda) \cdot (Ax)_\alpha^R \leq \lambda b_\alpha^R + (1 - \lambda) \cdot b_\alpha^L$
2. $\lambda(c^T x)_\alpha^R + (1 - \lambda) \cdot (c^T x)_\alpha^L \rightarrow \min(\max)$
 $\lambda(Ax)_\alpha^L + (1 - \lambda) \cdot (Ax)_\alpha^R \leq \lambda b_\alpha^R + (1 - \lambda) \cdot b_\alpha^L$
 $\alpha \in [0,1] \quad \lambda \in [0,1]$

Вид функции принадлежности нечеткого отношения:

$$\mu_{\leq} (L_1, b_1) = (\sup \{ \min \{ \mu_{L_1}(t), \mu_{b_1}(z) \} \mid t \leq z \}, t, z \in \mathbf{R})$$

Для Краснодарского Кирпичного Завода

Минимальная стоимость перевозки глины из карьеров на заводы равна **50 250 руб.** в день.

$\alpha = 0,9$ и $\lambda = 0,7$

Шаталова А. Ю. Параметрический α -уровневый метод λ -продолжения задачи нечёткого линейного программирования / Шаталова А. Ю., Лебедев К. А. // Научный журнал КубГАУ, № (подготовлена к печати)

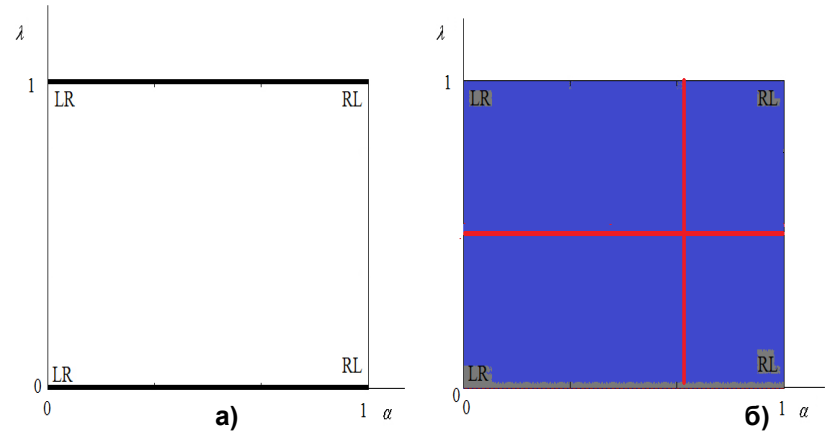


Рис 1. Вид области определения параметров α и λ . LR и RL – точки «слабого» и «сильного» отношения. Показана точка пересечения прямых, при $(\alpha=0,7, \lambda=0,5)$

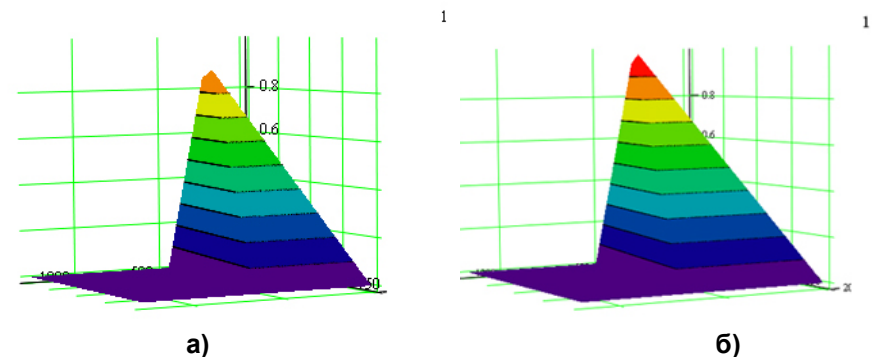


Рис 2. Вид функций принадлежности нечёткого отношения рассмотренной задачи а) при $\alpha=0,9, \lambda=1$; б) при $\alpha=0,9, \lambda=0,3$

Модель имитационного моделирования задачи нечёткого линейного программирования



$\alpha \in [0,1]$ $\lambda \in [0,1]$

$\alpha =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.73	0.126	0.813	0.798	0.559	0.3	0.027	0.226	0.433	0.456	0.562	0.376	0.803	0.728	...

$\lambda =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.504	0.019	0.045	0.369	0.284	0.889	0.046	0.011	0.282	0.689	0.259	0.892	0.372	0.743	...

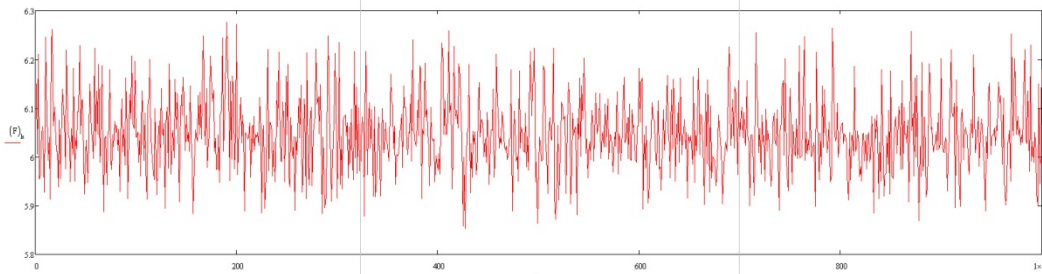


Рис. 1. а) Имитационная реализация случайного процесса – изменение значения целевой функции вида: $\lambda(c^T x)_\alpha^L + (1-\lambda) \cdot (c^T x)_\alpha^R \rightarrow \max$

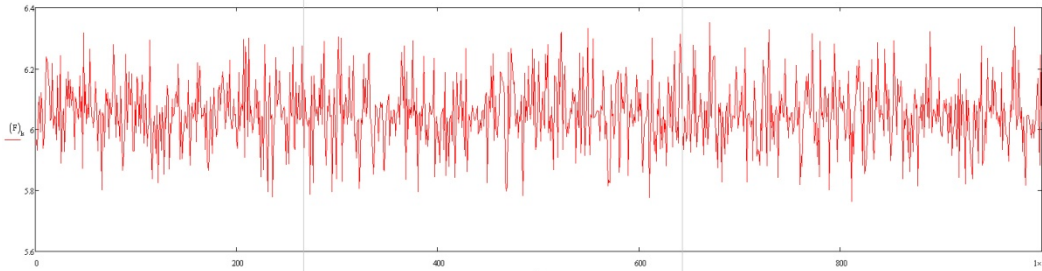


Рис. 1. б) Имитационная реализация случайного процесса – изменение значения целевой функции вида: $\lambda(c^T x)_\alpha^R + (1-\lambda) \cdot (c^T x)_\alpha^L \rightarrow \max$

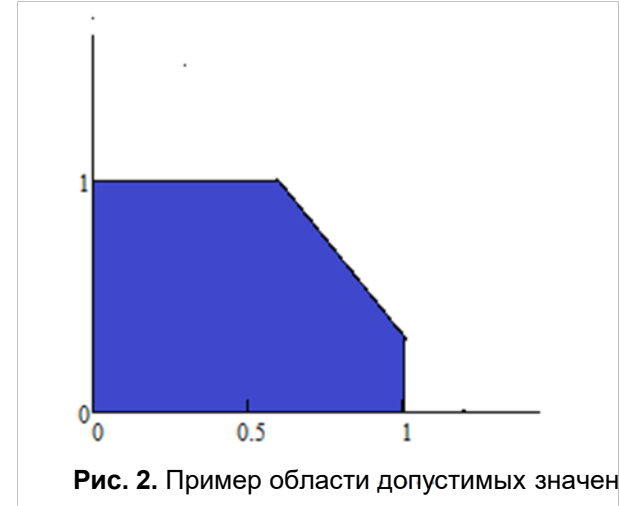


Рис. 2. Пример области допустимых значений

Программа оптимизации задачи нечёткого линейного программирования параметрического метода продолжения / Шаталова А. Ю., Лебедев А. Ю.; заявитель и патентообладатель Краснодар. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (в процессе регистрации).

Методы Альтмана для оценки кредитоспособности предприятия с применением теории нечётких множеств



$$z = 1.2k_1 + 1.4k_2 + 3.3k_3 + 0.6k_4 + 1.0k_5$$

При $0 \leq z \leq 1,8$ вероятность банкротства предприятия

при $1,81 \leq z \leq 2,77$, $p \in [0,35; 0,5]$

при $2,8 \leq z \leq 2,99$, $p \in [0,15; 0,2]$

при $z \geq 3$, $p = \varepsilon$ вероятность банкротства предприятия достаточно мала.

$$p \in [0,8; 1]$$

$$p(z) = \begin{cases} [0,80, 1,0] & \text{если } 0 \leq z \leq 1,8 \\ [0,35, 0,5] & \text{если } 1,81 \leq z \leq 2,77 \\ [0,15, 0,2] & \text{если } 2,8 \leq z \leq 2,99 \\ [0, \varepsilon] & \text{если } 3 \leq z < \infty \end{cases}$$

Вид полинома

$$L_n(z) = \sum_{i=0}^n (a_i z^i)$$

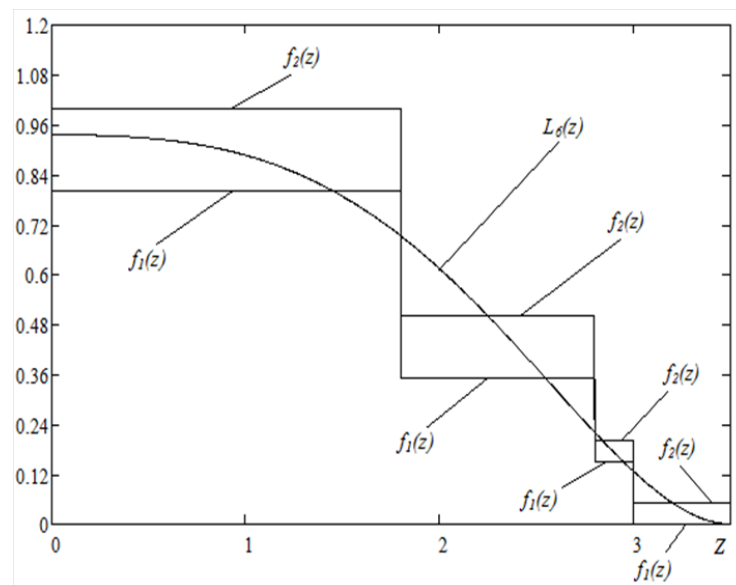
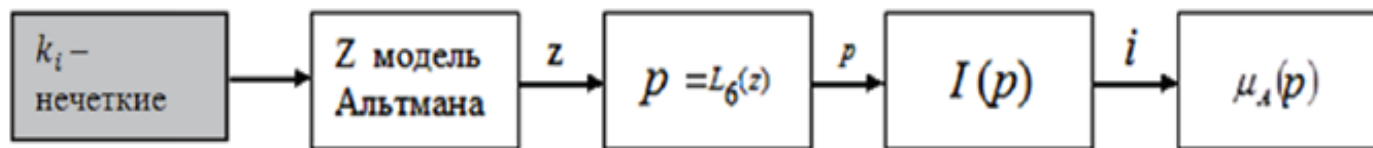


Рис. Пример реализации задачи интегрального среднеквадратичного приближения множеств Альтмана полиномом шестой степени

Бамадио Б. **Разработка оптимизационных и численных методов для математического моделирования некоторых трудноформализуемых объектов:** автореф. дис. канд./д-ра физ.-м. наук. ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Краснодар, 2005.

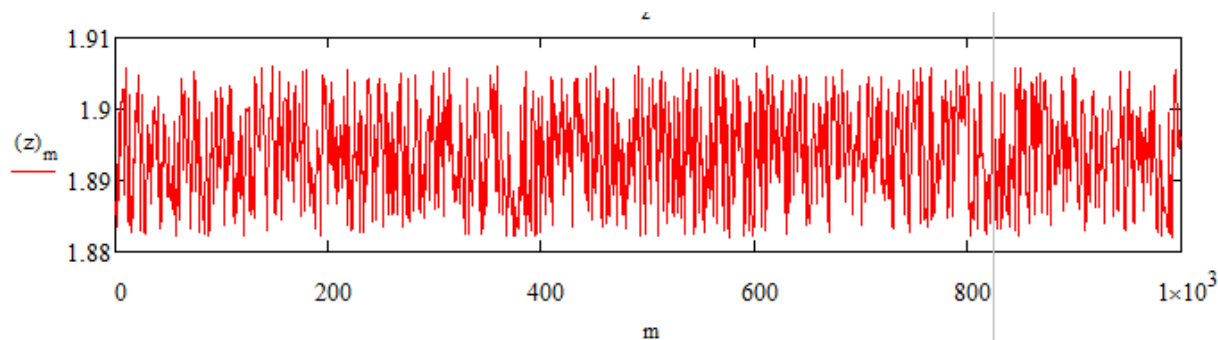
Модель оценки кредитоспособности предприятия с применением теории нечётких множеств и теории Альтмана



$$\mu_1(t, kk) := \begin{cases} \text{for } i \in 1, 5 \\ p_i \leftarrow \min \left(\frac{t - kk_{1,1}}{kk_{1,2} - kk_{1,1}}, \frac{kk_{1,3} - t}{kk_{1,3} - kk_{1,2}} \right) \\ \mu_i \leftarrow \max \{ 0, p_i \} \\ \mu \leftarrow \max \{ \min \{ \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5 \} \} \\ \mu \end{cases}$$

Рис. Пример реализации алгоритма моделирования нечетких коэффициентов k и функции z в среде MathCad.

Рис. Изменения значений величины z в проводимой имитации при $i=12$



Обобщенная модель оптимального финансирования инвестиционных проектов



$$F = \sum_{j=1}^m X_1(j) \rightarrow \min_j.$$

$$\sum_{j : k_j \leq h \wedge k_j \vdots h} (1 + 0,01\delta_j) X_{h-k_j+1}(j) - \sum_{j : k_j \leq h \wedge k_j \vdots h} X_h(j) = 0$$

$$\sum_{j:k_j < i \wedge k_j \vdots (i-1)} X_i(j)(s_j - l) + \sum_{j:k_j < i \wedge k_j \dashv (i-1)} X_\psi(j)(s_j - l) + \sum_{j:k_j \geq i} X_1(j)(s_j - l) \leq 0$$

$$\sum_{j:k_j < i \wedge k_j \vdots (i-1)} X_i(j)(k_j - t) + \sum_{j:k_j < i \wedge k_j \dashv (i-1)} X_\psi(j)((k_j - (i-1)) - t) + \sum_{j:k_j \geq i} X_1(j)((k_j - (i-1)) - t) \leq 0$$

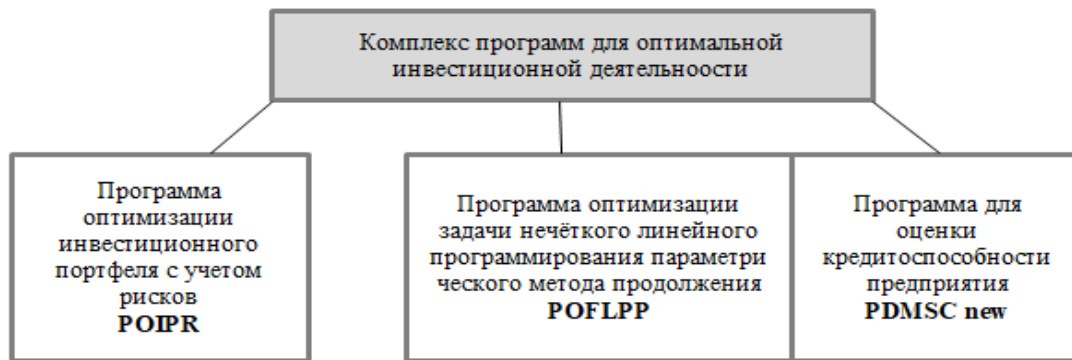
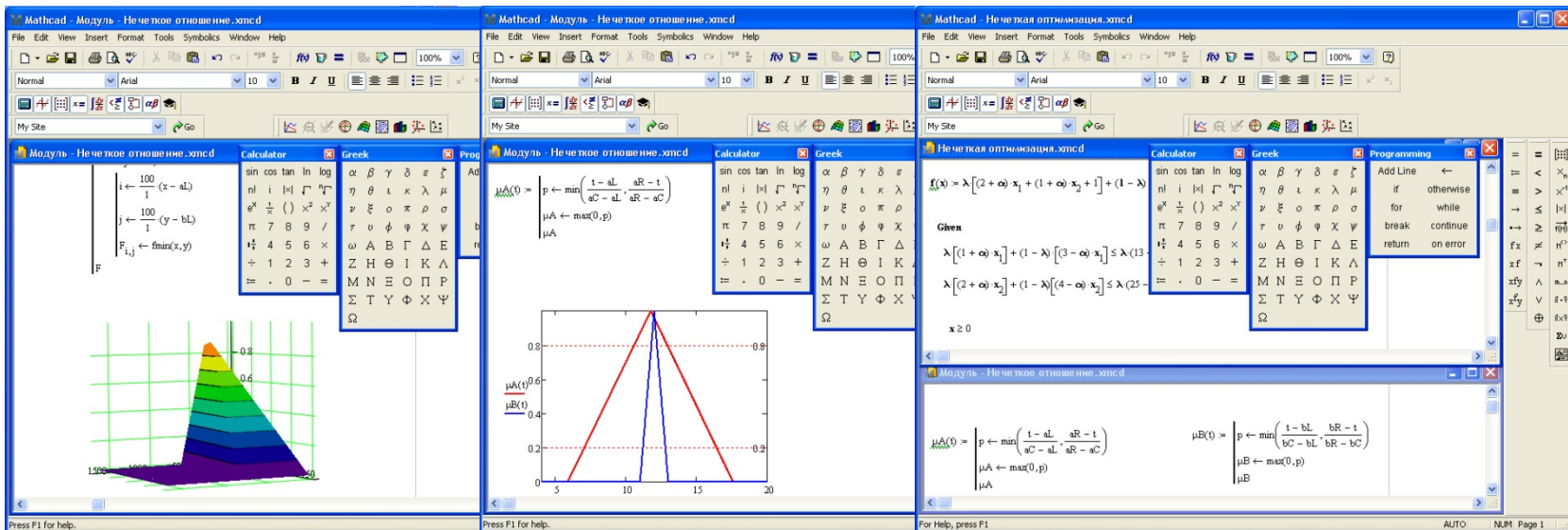
$\sum_{j/k_j < i \wedge k_j \vdots (i-1)}$ – означает суммирование по тем $j, j=1, 2, \dots, m$, для которых $k_j < i$ и k_j является делителем $(i-1)$, $i=1, 2, \dots, n$,

$\sum_{j/k_j < i \wedge k_j \dashv (i-1)}$ – означает суммирование по тем $j, j=1, 2, \dots, m$, для которых $k_j < i$ и k_j не является делителем $(i-1)$, $i=1, 2, \dots, n$,

ψ – индекс, совпадающий с индексом слагаемого из предыдущего соотношения для $(i-1)$ -го месяца, которое зависит от того же j -го, $j=1, 2, \dots, m$ инвестиционного проекта.

ИНТЕРФЕЙС

«Программа оптимизации задачи нечёткого линейного программирования параметрического метода продолжения»



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИИ



В заключении на основании проведенного исследования в области нечетких данных сформулированы выводы и предложения научно-теоретического и практического характера. При этом получены следующие оригинальные результаты:

1. В результате решения задач об оптимальном инвестировании проектов предприятием был разработан новый математический метод моделирования оптимального финансирования инвестиционных проектов.
2. Предложенный четырехсторонний численный параметрический α -уровневый метод для получения конечных результатов оптимизационной задачи расширен до параметрического α -уровневого метода λ -продолжения задачи нечёткого линейного программирования.
3. Построена имитационная модель задачи нечёткого линейного программирования с α -уровневым методом λ -продолжения. Данный подход имеет преимущество перед существующим, т.к. позволяет оценивать вероятность банкротства предприятия, вводя нечеткие данные, а также предлагает количественные способы формализации нечеткости, давая эксперту больше информации для принятия решения.
4. Описанное имитационное моделирование применено к реальному примеру в задаче оптимизации стоимости доставки глины для Краснодарского кирпичного завода основанное на приближенном аналитическом методе исследования математической модели нечеткой линейной оптимизации.
5. Усовершенствована пятифакторная модель Альтмана, расширенная путем представления входных данных в качестве треугольных нечётких чисел.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИИ



6. С помощью построенной имитационной модели протестирована модель Альтмана для оценки кредитоспособности предприятия с применением современных компьютерных технологий, дополненная нечёткими k_i показателями, позволяющая находить левосторонние и правосторонние множества α -уровней нечёткого множества k_i и наблюдать, как при малых изменениях коэффициентов изменяется вероятность банкротства предприятия.

7. Разработка эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплекса проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента:

- Программа оптимизации инвестиционного портфеля с учетом рисков (POIPR);
- Программа оптимизации задачи нечёткого линейного программирования параметрического метода продолжения (POFLPP);
- Программа для оценки кредитоспособности предприятия (PDMSC new).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

