

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 18.09.2023 11:08:54
Уникальный программный идентификатор:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:
Руководитель ООП
_____ Г.М.Соломаха
2023г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ
ОПТИМИЗАЦИИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Направление подготовки
09.04.03 – "Прикладная информатика"
Магистерская программа
«Прикладная информатика в аналитической экономике»

Для студентов 1 курса
очная форма

Составитель: д.ф.-м.н., профессор А.В. Язенин

Тверь 2023

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины является освоение фундаментальных понятий и методов теории возможностей.

Задачей дисциплины является выработка практических навыков использования теории возможностей при разработке математических моделей и методов оптимизации и принятия решений в условиях неопределенности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Учебная дисциплина «МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ» относится к разделу «Общепрофессиональный» обязательной части блока 1 учебного плана.

Для успешного освоения дисциплины магистрант должен знать теорию вероятностей, элементы теории нечетких множеств, методы оптимизации и принятия решений и уметь использовать их знания при разработке информационных систем поддержки принятия решений.

В результате изучения дисциплины магистрант должен знать фундаментальные разделы математики, необходимые для проведения научных исследований в области математического обеспечения информационных технологий, уметь моделировать различные типы неопределенности, владеть математическим аппаратом теории возможностей, необходимым для разработки информационных систем поддержки принятия решений, ориентированных на обработку информации с элементами неполноты и неопределенности.

Данная дисциплина необходима для изучения дисциплины «Методы оптимизации инвестиционного портфеля».

3. Объем дисциплины: 4 зачетных единицы, 144 академических часа, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 15 часов, практические занятия 30 часов, в т.ч. 15 часов практическая подготовка;

контактная внеаудиторная работа: контроль самостоятельной работы 0 часов, в том числе курсовая работа 0 часов;

самостоятельная работа: 99 часов, в том числе контроль 36 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
--	--

<p>УК-1. Способен осуществлять критический анализ ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p>	<p>УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению УК-1.3. Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов УК-1.5. Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения</p>
<p>ОПК-1. Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p>	<p>ОПК-1.1. Анализирует возможность применения известных математических, естественнонаучных и социально-экономических методов в конкретной нестандартной задаче ОПК-1.2. Адаптирует и реализует метод решения задачи с учетом отличительных свойств и специфики нестандартной профессиональной задачи</p>
<p>ОПК-4. Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований</p>	<p>ОПК-4.1. Обосновывает актуальность применения новых научных подходов для решения исследуемой задачи ОПК-4.2. Конкретизирует и реализует новые научные принципы и методы применительно к исследуемой задаче</p>
<p>ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем</p>	<p>ОПК-5.1. Разрабатывает и модернизирует отдельные модули программного обеспечения систем ОПК-5.2. Разрабатывает и модернизирует программное обеспечение отдельных подсистем с учетом их информационной взаимосвязи</p>
<p>ОПК-7. Способен использовать методы научных исследований и</p>	<p>ОПК-7.1. Разрабатывает формальные модели проектируемых объектов и модели управления информационными системами</p>

математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами	ОПК-7.2. Выбирает и реализует методы исследования проектируемых объектов и информационных систем с использованием математического и имитационного моделирования
---	---

5. Форма промежуточной аттестации экзамен, 1 семестр.

6. Язык преподавания русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Практические занятия	В т.ч. практическая подготовка	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	
Элементы теории нечетких подмножеств	8	0	2			6
Возможностное пространство	9	1	2	1		6
Нечеткая переменная (величина) и ее функция распределения. Свойства возможностных распределений	9	1	2	1		6
Функции нечетких величин	9	1	2	1		6
Классы параметризованных возможностных распределений (функций принадлежности). Распределения L-R типа	9	1	2	1		6

Исчисление нечетких величин в классах параметризованных возможностей распределений	9	1	2	1		6
Отношения между возможностями величинами.	9	1	2	1		6
Агрегирование возможностной (нечеткой) информации на основе t – норм. Сильнейшая и слабейшая t – нормы	10	1	2	1		7
Принципы принятия решений в условиях возможностной (нечеткой) и стохастической информации	9	1	2	1		6
Математическое программирование в возможно-необходимом и стохастическом контекстах	9	1	2	1		6
Модели критериев и ограничений в задачах возможностной и стохастической оптимизации	9	1	2	1		6
Методы решения задач возможностного и стохастического линейного программирования в классах нормальных распределений	10	1	2	1		7
Методы решения задач возможностного линейного программирования в классе полунепрерывных сверху распределений	9	1	2	1		6
Методы решения задач нелинейного возможностного программирования	9	1	2	1		6
Возможностное и интервальное линейное программирование	9	1	2	1		6
Сравнительное изучение задач возможностного линейного программирования при различных t - нормах	10	1	2	1		7
ИТОГО	144	15	30	15		99

III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Элементы теории нечетких подмножеств	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Возможностное пространство	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Нечеткая переменная (величина) и ее функция распределения. Свойства возможностей распределений	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Функции нечетких величин	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Классы параметризованных возможностей распределений (функций принадлежности). Распределения L-R типа	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Исчисление нечетких величин в классах параметризованных возможностей распределений	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Отношения между возможностями величинами.	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Агрегирование возможностной (нечеткой) информации на основе t – норм. Сильнейшая и слабейшая t – нормы	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Исчисление возможностей на основе t-норм	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач

Принципы принятия решений в условиях возможностной (нечеткой) и стохастической информации	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Математическое программирование в возможно-необходимостном и стохастическом контекстах	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Методы решения задач возможностного и стохастического линейного программирования в классах нормальных распределений	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Методы решения задач возможностного линейного программирования в классе полунепрерывных сверху распределений	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Методы решения задач нелинейного возможностного программирования	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Возможностное и интервальное линейное программирование	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач
Сравнительное изучение задач возможностного линейного программирования при различных t - нормах	Лекции, практические занятия	Изложение теоретического материала Решение задач

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

УК-1 Способен осуществлять критический анализ ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК-1.2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
---	--

	<p>УК-1.3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников</p> <p>УК-1.4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p> <p>УК-1.5 Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения</p>
--	---

<p>ОПК-1. Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p>	<p>ОПК-1.1 Анализирует возможность применения известных математических, естественнонаучных и социально-экономических методов в конкретной нестандартной задаче</p> <p>ОПК-1.2 Адаптирует и реализует метод решения задачи с учетом отличительных свойств и специфики нестандартной профессиональной задачи</p>
--	--

Типовые контрольные задания	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Освоение возможностной модели неопределенности:</p> <ol style="list-style-type: none"> Доказательство свойств возможностной меры. Доказательство свойств необходимостной меры. 	<p>Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом</p>
<ol style="list-style-type: none"> Построение моделей критериев в условиях возможностной неопределенности. Построение моделей допустимых решений в условиях возможностной неопределенности. 	<p>Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом</p>

ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	ОПК-4.1 Обосновывает актуальность применения новых научных подходов для решения исследуемой задачи ОПК-4.2 Конкретизирует и реализует новые научные принципы и методы применительно к исследуемой задаче
ОПК-5 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	ОПК-5.1 Разрабатывает и модернизирует отдельные модули программного обеспечения систем ОПК-5.2 Разрабатывает и модернизирует программное обеспечение отдельных подсистем с учетом их информационной взаимосвязи
ОПК-7 Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами	ОПК-7.1 Разрабатывает формальные модели проектируемых объектов и модели управления информационными системами ОПК-7.2 Выбирает и реализует методы исследования проектируемых объектов и информационных систем с использованием математического и имитационного моделирования

Типовые контрольные задания	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Расчет числовых характеристик возможностных функций, параметров их возможностных распределений, необходимых для формализации и реализации принципов принятия решений	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом
Исчисление возможностных величин при слабейшей и сильнейшей t-нормах, описывающих их взаимодействие	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом
Построение моделей оптимизации и принятия решений при сильнейшей t-норме в контексте возможность-необходимость.	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом

Построение моделей оптимизации и принятия решений при слабой t-норме в контексте возможность-необходимость.	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом
Построение и решение эквивалентных детерминированных аналогов линейных моделей оптимизации и принятия решений при сильнейшей t-норме в контексте возможность-необходимость в классах параметризованных возможностных распределений.	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом
Построение и решение эквивалентных детерминированных аналогов линейных моделей оптимизации и принятия решений при слабой t-норме в контексте возможность-необходимость в классах параметризованных возможностных распределений.	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом
Построение и решение эквивалентных детерминированных аналогов нелинейных моделей оптимизации и принятия решений при сильнейшей и слабой t-нормах в контексте возможность-необходимость в классах параметризованных возможностных распределений.	Оценка правильности решения задач осуществляется традиционным способом

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Язенин А.В. Основные понятия теории возможностей / А.В. Язенин. - Москва: Физматлит, 2016. - 142 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469649>.
3. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 512 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67460

4. Копченова, Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Копченова, И.А. Марон. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 368 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=198
5. Пантина, И. В. Вычислительная математика [Электронный ресурс]: учебник / И. В. Пантина, А. В. Синчуков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МФПУ Синергия, 2012. - 176 с. - (Университетская серия). - ISBN 978-5-4257-0064-3. –Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=451160>
6. Муромцев, Д.Ю. Методы оптимизации и принятие проектных решений: учебное пособие для магистрантов по направлению 11.04.03 / Д.Ю. Муромцев, В.Н. Шамкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 80 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-8265-1451-1 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444652>

б) Дополнительная литература:

1. А.В.Язенин, М. Вагенкнехт. Возможностная оптимизация (учебное пособие, 2-е издание), Тверь, ТвГУ, 2012г.,133с.
 2. Струченков, В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах / В.И. Струченков. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 434 с.: ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3800-2 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457743>
 3. Струченков, В.И. Методы оптимизации: основы теории, задачи, обучающие компьютерные программы / В.И. Струченков. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 266 с.: ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3736-4; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457742>
3. Цирлин, А.М. Методы оптимизации для инженеров: монография / А.М. Цирлин. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 214 с.: ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-5983-0; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427334>

2) Программное обеспечение

<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс факультета ПМиК № 4б</p>	<p>Перечень программного обеспечения (со свободными лицензиями): Adobe Acrobat Reader DC, Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit), Apache Tomcat 8.0.27, Cadence SPB/OrCAD 16.6, GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1, Google Chrome, IntelliJ IDEA, IIS 10.0 Express, Java SE Development Kit 8 Update 191 (64-bit), JetBrains PyCharm</p>
--	---

(170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Community Edition 2019.2.1, Kaspersky Endpoint Security для Windows, Lazarus 2.0.12, MiKTeX, NetBeans IDE 8.2, Notepad++ (64-bit x64), ONLYOFFICE Desktop Editors 7.1 (x64), Origin 8.1 Sr2, Python 3.10.7, R for Windows 3.6.1, RStudio Desktop, Visual Studio Community 2022, VLC media player, WinDjView 2.1, Unreal Commander v3.57x64
--	--

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com;
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Интернет-университет <http://www.intuit.ru>

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов предполагает проведение двух видов работ:

1. Самостоятельная подготовка докладов по предлагаемым темам (примерные темы докладов приводятся ниже);
2. Самостоятельное решение сложных задач по темам, рассматриваемым на лекциях (примерная задача для самостоятельного решения приводится ниже).

Примерные темы докладов

1. Возможность и вероятность.
2. Возможность и необходимость.
3. Стохастическое и возможностное программирование: сравнительный анализ.

Примеры задач для самостоятельной работы

Задача 1. Построить эквивалентный четкий аналог задачи возможно-необходимостной оптимизации и решить его графическим методом:

$k \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} \pi\{a_{01}x_1 + a_{02}x_2 = k\} \geq 1/2, \\ \pi\{a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1\} \geq 1/2, \\ \nu\{a_{21}x_1 - a_{22}x_2 \geq b_2\} \geq 1/4, \\ x_1, x_2 \geq 0, \end{cases}$$

где $a_{01} \in Tr(2,2)$, $a_{02} \in Tr(3,3)$,

$a_{11} = 3$, $a_{12} \in Tr(3,1)$, $b_1 \in Tr(6,1)$,

$$a_{21} = 2, a_{22} \in Tp(4,6,2,1), \mu_{b_2}(t) = \max\{0, \min\{1, 1 - 2(t-3)\}\}, t \in E^1.$$

Задача 2. Имеем две нечеткие величины $(L-R)$ типа. Пусть $L(t) = e^{-t^2}, t > 0$, $R(t) = \max\{0, 1-t\}, t > 0$. Распределения равны соответственно: $X_1 = (3,5,1,2)_{(L,R)}$, $X_2 = (4,5,2,1)_{(L,R)}$. Определите распределение нечеткой величины $2X_1 + X_2$, найдите ее α -уровневое множество при $\alpha = 0.7$.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Возможностное пространство. Свойства мер возможности и необходимости.
2. Возможностная (нечеткая) величина и ее функция распределения. Свойства функции распределения.
3. Функции нечетких величин.
4. Четкие и нечеткие отношения между нечеткими величинами.
5. Т-нормы, как математический аппарат для агрегирования возможностной информации и их свойства.
6. Исчисление нечетких величин.
7. Принципы принятия решений в условиях возможностной и стохастической информации.
8. Постановки задач возможностного и стохастического программирования и их содержательная интерпретация.
9. Задача максимизации возможности (необходимости) достижения нечеткой цели при построчных ограничениях по возможности (необходимости).
10. Задача максимизации вероятности выполнения цели при построчных ограничениях по вероятности.
11. Возможностная модель уровневой оптимизации (максимаксная модель).
12. Стохастическая модель уровневой оптимизации.

Планы и методические указания по подготовке к практическим (семинарским) занятиям, выполнению лабораторных работ.

Практическое занятие осуществляется по следующему плану:

1. проверка выполнения заданий, выданных для домашней работы;
2. обзор пройденного лекционного материала;
3. решение задач по очередной теме;
4. обсуждение результатов решения задачи;
5. выдача задач для домашней работы.

Примеры решения задач

Исчисление нечетких величин

№1.

Заданы две нечеткие величины X_1 и X_2 .

Необходимо найти распределение нечеткой величины, определяемой выражением $-4X_1 + 2X_2$ и границы α -уровневого множества нечеткой величины, представленной данным выражением.

Исходные данные:

$$X_1 \in Tr(5,2), X_2 \in Tr(4,1),$$

$$\alpha = 0,6.$$

Решение.

В соответствии с исчислением возможностей мы можем установить класс распределений, которому принадлежит нечеткая величина, определяемая выражением:

$$-4X_1 + 2X_2 \in Tr(-4 * 5 + 2 * 4, | -4 | * 2 + | 2 | * 1) = Tr(-12,10).$$

Тогда в соответствии с формулами для расчета границ α -уровневого множества в классах триангулярных распределений имеем:

$$X^+(\alpha) = a + \frac{b}{2}(1 - \alpha) = -12 + \frac{10}{2}(1 - 0,6) = -12 + 2 = -10,$$

$$X^-(\alpha) = a - \frac{b}{2}(1 - \alpha) = -12 - \frac{10}{2}(1 - 0,6) = -12 - 2 = -14.$$

Таким образом, правая граница α -уровневого для полученной нечеткой величины равна -10; левая граница α -уровневого множества для полученной нечеткой величины равна -14.

№2.

Заданы две нечеткие величины $(L - R)$ типа. Пусть $L(t) = e^{-t^2}, t > 0$,
 $R(t) = \max\{0, 1 - t\}, t > 0$.

Необходимо определить распределение нечеткой величины $3X_1 + 4X_2$ и найти границы ее α -уровневого множества.

Исходные данные:

$$X_1 = (5,6,1,1)_{(L,R)}, X_2 = (3,5,2,1)_{(L,R)},$$

$$\alpha = 0,5.$$

Решение.

В соответствии с исчислением нечетких величин $(L - R)$ типа получаем:

$$(3X_1 + 4X_2)_{(L,R)} = (3 * 5 + 4 * 3, 3 * 6 + 4 * 5, | 3 | * 1 + | 4 | * 2, | 3 | * 1 + | 4 | * 1)_{(L,R)} = (27,38,11,7)_{(L,R)}$$

Применяя соответствующие формы для определения границ α -уровневых множеств получаем:

$$X^+(\alpha) = \underline{m} + \bar{d}(1 - \alpha) = 38 + 7(1 - 0,5) = 41,5;$$

$$X^-(\alpha) = \underline{a} - b\sqrt{\ln \alpha^{-1}} = 27 - 11\sqrt{\ln 2}.$$

Таким образом, $3X_1 + 4X_2 = (27,38,11,7)_{(L,R)}$, правая граница α -уровневого множества нечеткой величины $3X_1 + 4X_2$ равна 41,5; левая граница α -уровневого множества для $3X_1 + 4X_2$ равна $27 - 11\sqrt{\ln 2}$.

Решение задачи возможностного программирования.

Построить и решить эквивалентный детерминированный аналог задачи возможностного программирования.

$$k \rightarrow \max,$$
$$\begin{cases} \pi\{a_{01}x_1 + a_{02}x_2 = k\} \geq \frac{1}{2}, \\ \pi\{a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1\} \geq \frac{1}{2}, \\ \pi\{a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2\} \geq \frac{1}{4}, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Исходные данные:

$$a_{01} \in Tr(2,2), a_{02} \in Tr(3,3),$$

$$a_{11} = 3, a_{12} \in Tr(2,2), b_1 \in Tr(6,1),$$

$$a_{21} = 2, a_{22} = 3, \mu_{b_2}(t) = \max\{0, \min\{1, 1 - 2(t - 3)\}\}.$$

Решение.

Приведенная в варианте задача есть модель уровневой оптимизации.

Построим эквивалентные аналоги моделей критерия и ограничений.

1. Рассмотрим модель критерия.

$$k \rightarrow \max,$$

$$\pi\{a_{01}x_1 + a_{02}x_2 = k\} \geq \frac{1}{2}.$$

Данная модель критерия может быть сведена к следующей детерминированной модели:

$$a_{01}^+x_1 + a_{02}^+x_2 \rightarrow \max.$$

Таким образом, нам необходимо найти a_{01}^+ и a_{02}^+ для уровня возможности

$\alpha_0 = \frac{1}{2}$. Воспользуемся известными формулами для расчета правых границ α –

уровневого множества.

$$R_{01} = \frac{1 - \alpha_0}{2} = \frac{1}{4},$$

$$R_{02} = \frac{1 - \alpha_0}{2} = \frac{1}{4}.$$

Следовательно:

$$a_{01}^+ = \hat{a}_{01} + R_{01}\hat{d}_{01} = 2 + \frac{1}{4} * 2 = 2,5;$$

$$a_{02}^+ = \hat{a}_{02} + R_{02}\hat{d}_{02} = 3 + \frac{1}{4} * 3 = 3,75.$$

Тогда эквивалентная детерминированная модель критерия имеет следующий вид: $2,5x_1 + 3,75x_2 \rightarrow \max$.

2. Рассмотрим модель ограничений.

Сначала рассмотрим первое ограничение.

$$a_{11}^+ = a_{11}^- = 3 \text{ (по условию).}$$

В соответствии с расчетными формулами для границ α -уровневых множеств имеем:

$$r_{12} = \frac{\alpha_1 - 1}{2} = \frac{1/2 - 1}{2} = -\frac{1}{4},$$

$$R_{12} = \frac{1 - \alpha_1}{2} = \frac{1 - 1/2}{2} = \frac{1}{4}.$$

Тогда:

$$a_{12}^+ = \hat{a}_{12} + R_{12} \hat{d}_{12} = 3 + \frac{1}{4} * 1 = 3,25;$$

$$a_{12}^- = \hat{a}_{12} + r_{12} \hat{d}_{12} = 3 - \frac{1}{4} * 1 = 3,75.$$

Вычислим свободные коэффициенты:

$$R_1 = \frac{1 - \alpha_1}{2} = \frac{1}{4},$$

$$r_1 = \frac{\alpha_1 - 1}{2} = -\frac{1}{4}.$$

Следовательно:

$$b_1^+ = \hat{b}_1 + R_1 \hat{d}_1 = 6 + \frac{1}{4} * 1 = 6,25;$$

$$b_1^- = \hat{b}_1 + r_1 \hat{d}_1 = 6 - \frac{1}{4} * 1 = 5,75.$$

В результате первое ограничение преобразуется в следующую пару детерминированных ограничений:

$$\begin{cases} 3x_1 + 3,25x_2 \geq 5,75, \\ 3x_1 + 2,75x_2 \leq 6,25. \end{cases}$$

Рассмотрим второе ограничение.

$$a_{21}^+ = a_{21}^- = 2 \text{ (по условию),}$$

$$a_{22}^+ = a_{22}^- = 3 \text{ (по условию).}$$

Нетрудно видеть, что $b_2^- = -\infty$.

Найдем b_2^+ .

$$\text{Нетрудно видеть, что } b_2^+ = 3 \frac{3}{8} = 3,375.$$

Тогда эквивалентное ограничение имеет вид:

$$2x_1 + 3x_2 \leq 3,385.$$

Выпишем теперь полностью эквивалентный детерминированный аналог исходной задачи:

$$2,5x_1 + 3,75x_2 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} 3x_1 + 3,75x_2 \geq 5,75, \\ 3x_1 + 2,75x_2 \leq 6,25, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 3,375, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Полученная задача линейного программирования может быть решена графическим способом.

VII. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы

Учебная аудитория № 212 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Набор учебной мебели, мультимедийный комплекс (доска, проектор, панель управления, переносной ноутбук).
--	---

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы обучающихся: Компьютерный класс факультета ПМиК № 4б (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	Перечень программного обеспечения (со свободными лицензиями): Adobe Acrobat Reader DC, Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit), Apache Tomcat 8.0.27, Cadence SPB/OrCAD 16.6, GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1, Google Chrome, IntelliJ IDEA, IIS 10.0 Express, Java SE Development Kit 8 Update 191 (64-bit), JetBrains PyCharm Community Edition 2019.2.1, Kaspersky Endpoint Security для Windows, Lazarus 2.0.12, MiKTeX, NetBeans IDE 8.2, Notepad++ (64-bit x64), ONLYOFFICE Desktop Editors 7.1 (x64), Origin 8.1 Sr2, Python 3.10.7, R for Windows 3.6.1, RStudio Desktop, Visual Studio Community 2022, VLC media player, WinDjView 2.1, Unreal Commander v3.57x64
---	---

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	3. Объем дисциплины	Выделение часов на практическую подготовку	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета
2.	II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества	Выделение часов на практическую подготовку	От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета

	академических часов и видов учебных занятий		
3	V. Учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для проведения практики 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета
4	VII. Материально-техническое обеспечение	Внесены изменения в материально-техническое обеспечение аудиторий	От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета