

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего  
образования

**«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»  
(Финансовый университет)**

**Кафедра «Системный анализ в экономике»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной  
и методической работе

\_\_\_\_\_ Е.А. Каменева

«01» декабря 2022 г.

**Л.С. Звягин**

**НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА И МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ**

**Рабочая программа дисциплины**

для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
01.03.02 «Прикладная математика и информатика»,  
ОП «Прикладная математика и информатика»  
профиль «Анализ данных и принятие решений в экономике и финансах»

*Рекомендовано Ученым советом факультета  
информационных технологий и анализа больших данных  
(протокол № 26 от 22 ноября 2022 г.)*

*Одобрено кафедрой  
«Системный анализ в экономике»  
(протокол № 03 от 31 октября 2022 г.)*

**Москва 2022**

## Содержание

|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Наименование дисциплины.....                                                                                                                                                                                | 2  |
| 2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине.....                      | 2  |
| 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....                                                                                                                                                 | 3  |
| 4. Объем дисциплины в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся.....                                                    | 3  |
| 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий.....                                                         | 3  |
| 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....                                                                                                         | 6  |
| 7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....                                                                                                               | 8  |
| 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....                                                                                                             | 13 |
| 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....                                                                                              | 14 |
| 10. Методические указания для обучающихся .....                                                                                                                                                                | 15 |
| 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем..... | 16 |
| 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....                                                                                          | 16 |

## 1. Наименование дисциплины

Нечеткие множества и мягкие вычисления.

## 2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                              | Индикаторы достижения компетенции                                                                                          | Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные индикаторами достижения компетенции                                                                                                                                                          |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКП-1           | Способность анализировать финансовую информацию, рассчитывать финансовые показатели, в том числе, в условиях неопределенности         | 1. Владеет методиками расчета финансовых показателей, в том числе в условиях неопределенности.                             | <b>Знать:</b> основные принципы системного анализа;<br><b>Уметь:</b> выбирать экономически целесообразные модели в сфере экономики и финансов;                                                                                                   |
|                 |                                                                                                                                       | 2. Рассчитывает и интерпретирует финансовые показатели на основе финансовой информации.                                    | <b>Знать:</b> методы построения моделей различного назначения в экономической сфере;<br><b>Уметь:</b> строить математические и аналитические модели конкретного назначения;                                                                      |
|                 |                                                                                                                                       | 3. Анализирует финансовую информацию, представленную в различной форме, с использованием современного инструментария.      | <b>Знать:</b> технологии создания алгоритмов основных прикладных задач анализа и моделирования в экономической сфере;<br><b>Уметь:</b> разрабатывать алгоритмы конкретных прикладных задач анализа и моделирования в сфере экономики и финансов; |
| ПКП-2           | Способность моделировать и оценивать риски финансово-экономической деятельности, в том числе, инвестиционной и актуарной деятельности | 1. Владеет знаниями в области теории и методологии моделирования и оценивания рисков финансово-экономической деятельности. | <b>Знать</b> общие методы оценки рисков в условиях неопределенности;<br><b>Уметь</b> оценивать риски, используя меры возможности и необходимости.                                                                                                |
|                 |                                                                                                                                       | 2. Демонстрирует умение строить математические модели в области экономики и финансов.                                      | <b>Знать</b> основные модели оценки рисков в задачах принятия решений с нечеткими данными;<br><b>Уметь</b> строить модели оценки рисков в задачах принятия решений с нечеткими данными.                                                          |

|  |  |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 3. Оценивает финансовые риски финансово-экономической деятельности, в том числе, инвестиционной и актуарной деятельности | <b>Знать</b> методы и модели оценки рисков, применяемые в оценке инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности и в условиях нечеткой информации;<br><b>Уметь</b> строить модели оценки рисков, применяемые при анализе инвестиционных проектов в условиях неопределенности. |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нечеткие множества и мягкие вычисления» относится к циклу профиля (элективный).

### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся

| Вид учебной работы по дисциплине            | Всего<br>(в 3 з/е и часах) | Семестр 6<br>(в часах) |
|---------------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>        | <b>3/108</b>               | <b>108</b>             |
| <i>Контактная работа-Аудиторные занятия</i> | <b>50</b>                  | <b>50</b>              |
| Лекции                                      | 16                         | 16                     |
| Семинары, практические занятия              | 34                         | 34                     |
| <i>Самостоятельная работа</i>               | <b>58</b>                  | <b>58</b>              |
| Вид текущего контроля                       | Контрольная работа         | Контрольная работа     |
| Вид промежуточной аттестации                | Зачет                      | Зачет                  |

### 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий

#### 5.1. Содержание дисциплины

#### Тема 1. Нечеткие множества и операции над ними

Функция принадлежности Л. Заде и нечеткое множество. Операции над нечеткими множествами. Законы алгебры де Моргана нечетких множеств. Отличие алгебры Д. Буля четких множеств от алгебры де Моргана нечетких множеств. Модель нечеткого сведения о чем – либо и его отрицание. Энтропия нечеткого сведения. Конъюнкция

и дизъюнкция нечетких сведений об одном объекте. Модель процесса информационного уточнения нечетких сведений об одном объекте. Количество информации, принесенной вторичным нечетким сведением при условии наличия известного первичного нечеткого сведения.

## Тема 2. Мягкие вычисления

Нечеткие числа. Треугольные числа и треугольно подобные числа. Арифметика нечетких чисел. Сложение и вычитание треугольных чисел. Умножение и деление треугольных чисел. Уравнения с нечеткими коэффициентами. Отличие правил преобразования уравнений с нечеткими коэффициентами от уравнений с четкими коэффициентами.

## Тема 3. Нечеткие линейные и нелинейные модели в экономике

Финансовые вычисления в условиях неопределенности. Нечеткая модель деятельности дилера. Нечеткая модель инвестиционного проекта. Нечеткие модели дисконтирования и наращивания капитала. Модель денежного потока с нечеткими платежами. Модели, связанные с нечетким выбором и принятием решений.

## Тема 4. Нечеткие оценки финансовых процессов

Нечеткая оценка деятельности производственной компании. Нечеткая оценка инвестиционных проектов. NPV и внутренняя норма доходности для инвестиционных проектов с нечетко определенным финансовым потоком.

### 5.2. Учебно-тематический план

| №<br>п/п | Наименование тем<br>(разделов) дисциплины         | Трудоемкость в часах |                                      |        |                                |                        | Формы текущего контроля успеваемости                                                       |
|----------|---------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                   | Всего                | Контактная работа -Аудиторная работа |        |                                | Самостоятельная работа |                                                                                            |
|          |                                                   |                      | Общая, в т.ч.                        | Лекции | Семинары, практические занятия |                        |                                                                                            |
| 1.       | Нечеткие множества и операции над ними            | 28                   | 14                                   | 4      | 10                             | 14                     | Самостоятельные работы. Участие в решении задач на практических занятиях. Собеседования по |
| 2.       | Мягкие вычисления                                 | 26                   | 12                                   | 4      | 8                              | 14                     |                                                                                            |
| 3.       | Нечеткие линейные и нелинейные модели в экономике | 28                   | 12                                   | 4      | 8                              | 16                     |                                                                                            |

|                       |                                      |     |    |    |    |    |                                                |
|-----------------------|--------------------------------------|-----|----|----|----|----|------------------------------------------------|
| 4.                    | Нечеткие оценки финансовых процессов | 26  | 12 | 4  | 8  | 14 | домашним заданиям.                             |
| В целом по дисциплине |                                      | 108 | 50 | 16 | 34 | 58 | Согласно учебному плану:<br>Контрольная работа |
| Итого в %             |                                      | 100 | 46 | 32 | 68 | 54 |                                                |

### 5.3. Содержание семинаров, практических занятий

| Наименование тем (разделов) дисциплины                | Перечень вопросов для обсуждения на семинарских, практических занятиях, рекомендуемые источники из разделов 8,9 (указывается раздел и порядковый номер источника)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Формы проведения занятий                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Нечеткие множества и операции над ними.            | <p>Функция принадлежности Л. Заде и нечеткое множество. Операции над нечеткими множествами. Законы алгебры де Моргана нечетких множеств. Отличие алгебры Д. Буля четких множеств от алгебры де Моргана нечетких множеств. Модель нечеткого сведения о чем – либо и его отрицание. Энтропия нечеткого сведения. Конъюнкция и дизъюнкция нечетких сведений об одном объекте. Модель процесса информационного уточнения нечетких сведений об одном объекте. Количество информации, принесенной вторичным нечетким сведением при условии наличия известного первичного нечеткого сведения.</p> <p>Рекомендуемые источники: 8. [1-4]; 9 [3-11]</p> | Учебные практические занятия: рассмотрение теоретических вопросов, разбор типичных ошибок, разбор методов решения задач.                                                                                         |
| 2. Мягкие вычисления.                                 | <p>Нечеткие числа. Треугольные числа и треугольно подобные числа. Арифметика нечетких чисел. Сложение и вычитание треугольных чисел. Умножение и деление треугольных чисел. Уравнения с нечеткими коэффициентами. Отличие правил преобразования уравнений с нечеткими коэффициентами от уравнений с четкими коэффициентами.</p> <p>Рекомендуемые источники: 8. [1-4]; 9 [3-11]</p>                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>Практические занятия: рассмотрение теоретических вопросов, разбор типичных ошибок, разбор методов решения задач.</p> <p>Контрольное практическое занятие: проверка наличия КР, разбор типичных ошибок КР.</p> |
| 3. Нечеткие линейные и нелинейные модели в экономике. | <p>Финансовые вычисления в условиях неопределенности. Нечеткая модель деятельности дилера. Нечеткая модель инвестиционного проекта. Нечеткие модели дисконтирования и наращивания капитала. Модель денежного потока с</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Практические занятия: рассмотрение теоретических вопросов, разбор типичных ошибок, разбор методов решения задач.                                                                                                 |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                             |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | <p>нечеткими платежами. Модели, связанные с нечетким выбором и принятием решений.</p> <p>Рекомендуемые источники: 8. [1-4]; 9 [3-11]</p>                                                                                                                            | <p>Практические занятия: Практикум по решению задач по тематике занятия в малых группах (2-4 студента).</p> |
| 4. Нечеткие оценки финансовых процессов. | <p>Нечеткая оценка деятельности производственной компании. Нечеткая оценка инвестиционных проектов. NPV и внутренняя норма доходности для инвестиционных проектов с нечетко определенным финансовым потоком.</p> <p>Рекомендуемые источники: 8. [1-4]; 9 [3-11]</p> | <p>Расчётное аналитическое практическое занятие.</p>                                                        |

## 6. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы

| Наименование тем (разделов) дисциплины    | Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение                                                                                                                                                                                                                                                        | Формы внеаудиторной самостоятельной работы                                                                                                                              |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Нечеткие множества и операции над ними | Отличие алгебры Д. Буля четких множеств от алгебры де Моргана нечетких множеств. Модель нечеткого сведения о чем – либо и его отрицание. Энтропия нечеткого сведения. Конъюнкция и дизъюнкция нечетких сведений об одном объекте. Модель процесса информационного уточнения нечетких сведений об одном объекте. | Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Работа с источниками и поиск информации в Интернете. Выполнение домашних заданий. |
| 2. Мягкие вычисления                      | Умножение и деление треугольных чисел. Уравнения с нечеткими коэффициентами. Отличие правил преобразования уравнений с нечеткими коэффициентами от уравнений с четкими коэффициентами.                                                                                                                          | Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Работа с источниками и поиск информации в Интернете. Выполнение домашних заданий. |
| 3. Нечеткие линейные и нелинейные модели  | Нечеткая модель инвестиционного проекта. Нечеткие модели дисконтирования и наращивания капитала. Модель денежного потока с нечеткими платежами. Модели, связанные с нечетким выбором и принятием решений.                                                                                                       | Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Работа с источниками и поиск информации в Интернете. Выполнение домашних заданий. |
| 4. Нечеткие оценки финансовых процессов   | Нечеткая оценка инвестиционных проектов. NPV и внутренняя норма доходности для инвестиционных проектов с нечетко определенным финансовым потоком.                                                                                                                                                               | Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Работа с источниками и поиск информации в Интернете. Выполнение домашних заданий. |

## 6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

### *Примерные вопросы и задания к контрольной работе*

1. Понятие нечеткого множества. Представление нечетких множеств. Уровневые множества. Нечеткие величины.
2. Стандартные операции над нечеткими множествами.
3. Свойства нечеткого отрицания. Семейства нечетких отрицаний.
4. Свойства нечеткой конъюнкции. Семейства нечетких конъюнкций.
5. Закон двойственности.
6. Нечеткие отношения и их свойства.
7. Сравнение нечетких величин.
8. Законы алгебры де Моргана.
9. Отличие алгебры Буля четких множеств от алгебры де Моргана нечетких множеств.
10. Доказать законы дистрибутивности для нечетких множеств.
11. Доказать законы де Моргана для нечетких множеств.
12. Опровергнуть закон исключенного третьего для строго нечетких множеств.
13. Построить модель нечеткого сведения «Экзамен назначен на середину января». Найти энтропию этого сведения.
14. Построить нечеткую модель уточнения первичного сведения «Экзамен назначен на середину января» вторичным сведением «Экзамен состоится в третьей декаде января». Найти количество информации, принесенной вторичным сведением, при условии, что до этого было известно первичное сведение.
15. Даны два треугольных нечетких числа  $A = \langle 3; 5; 6 \rangle$  и  $B = \langle 7; 8; 9 \rangle$ . Найти сумму и разность этих чисел.
16. Даны два треугольных нечетких числа  $A = \langle 3; 5; 6 \rangle$  и  $B = \langle 7; 8; 9 \rangle$ . Найти произведение и частное этих чисел.
17. Пусть  $A$  - трапециевидная нечеткая величина такая, что  $A^0 = [0; 4]$ ,  $A^1 = [1; 3]$ . Найти уровневые множества величины  $A$ .
18. Пусть  $A$  - трапециевидная нечеткая величина такая, что  $A^0 = [0; 4]$ ,  $A^1 = [1; 3]$ . Провести дефаззификацию величины  $A$ : а) методом центра тяжести, б) относительно равномерного распределения уровней и параметра оптимизма - пессимизма равного 0,5.

### *Пример контрольной работы*

1. Что такое нечеткое множество  $A$  и альфа-срез нечеткого множества  $A^\alpha$ ?

Найти  $A^{0,5}$  для  $A$  - «Середина недели». Найти его энтропию.

2. Доказать закон дистрибутивности  $A(BUC) = (A B) U (A C)$  для нечетких множеств.

3. Что такое мягкие вычисления?

Для  $B = \langle p, p+1, p+2 \rangle$  и  $C = \langle p-2, p-1, p \rangle$  найти произведение  $B C$ . Здесь  $p$  – параметр варианта.

4. Решить линейное уравнение  $BX=C$  для  $B$  и  $C$  из задачи 3 двумя способами.

Найти  $X_{кл}$  и  $X_{об}$ .

Критерии балльной оценки различных форм текущего контроля успеваемости содержатся в соответствующих методических рекомендациях кафедры.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе 2. «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».

### Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний

| Наименование компетенции                                                                                                            | Индикаторы достижения компетенции                                                            | Результаты обучения (умения и знания), соответствующие индикаторам достижения компетенции                                                      | Типовые контрольные задания                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКП-1 Способность анализировать финансовую информацию, рассчитывать финансовые показатели, в том числе, в условиях неопределенности | 1. Владеет методами расчета финансовых показателей, в том числе в условиях неопределенности. | <b>Знать:</b> основные принципы системного анализа;<br><b>Уметь:</b> выбирать экономически целесообразные модели в сфере экономики и финансов; | <b>Задание</b><br>Сформулировать условия, при которых в модели целесообразно использовать нечеткие бинарные отношения. Привести пример, рассматривая отношение предпочтения инвестора, и обосновать выбранный подход, сопоставив с моделью, в которой используется вероятностный подход. |

|                                                                                                                                             |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                             | 2. Рассчитывает и интерпретирует финансовые показатели на основе финансовой информации.                                    | <b>Знать:</b> методы построения моделей различного назначения в экономической сфере;<br><b>Уметь:</b> строить математические и аналитические модели конкретного назначения;                                                                      | <b>Задание</b><br>Построить нечеткие интервалы, соответствующие понятиям «высокий процент по депозитам» и «низкий процент по депозитам», построить вербальную модель оценки рисков, связанных размещением средств на депозитах, и сформулировать ее в терминах нечеткой логики.                                                                                                        |
|                                                                                                                                             | 3. Анализирует финансовую информацию, представленную в различной форме, с использованием современного инструментария.      | <b>Знать:</b> технологии создания алгоритмов основных прикладных задач анализа и моделирования в экономической сфере;<br><b>Уметь:</b> разрабатывать алгоритмы конкретных прикладных задач анализа и моделирования в сфере экономики и финансов; | <b>Задание</b><br>Пусть $AX + B = X$ — матричное уравнение (модель Леонтьева), в котором матрица производственных коэффициентов $A$ составлена из неотрицательных треугольных нечетких чисел. Показать, что если суммы чисел в столбцах меньше 1, план производства $X$ существует при любом неотрицательном векторе потребления $B$ .                                                 |
| ПКП-2 Способность моделировать и оценивать риски финансово-экономической деятельности, в том числе, инвестиционной и актуарной деятельности | 1. Владеет знаниями в области теории и методологии моделирования и оценивания рисков финансово-экономической деятельности. | <b>Знать</b> общие методы оценки рисков в условиях неопределенности;<br><b>Уметь</b> оценивать риски, используя меры возможности и необходимости.                                                                                                | <b>Задание</b><br>Инвестиционная компания предполагает инвестировать в инновационный проект примерно один миллион долларов на два года. По окончании первого года предполагается извлечь примерно \$250 тыс. дохода. К концу второго года бизнес должен оцениваться примерно в \$900 тыс. Найти нечеткое множество подходящих ставок доходности и риски невыполнения запланированного. |
|                                                                                                                                             | 2. Демонстрирует умение строить математические модели в области экономики и финансов.                                      | <b>Знать</b> основные модели оценки рисков в задачах принятия решений с нечеткими данными;<br><b>Уметь</b> строить модели оценки рисков в задачах принятия решений с нечеткими данными.                                                          | <b>Задание</b><br>Деньги инвестированы таким образом, что через год доход составит примерно 100000 у.е. На эти деньги предполагается сформировать портфель из двух активов. Доходность первого составляет примерно 10% (A) второго — примерно 35%                                                                                                                                      |

|  |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (В). Доходность портфеля должна составить примерно 15% (С). Оценить объем средств, которые следует инвестировать в первый актив и во второй актив.                                                                                                           |
|  | 3. Оценивает финансовые риски финансово-экономической деятельности, в том числе, инвестиционной и актуарной деятельности | <b>Знать</b> методы и модели оценки рисков, применяемые в оценке инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности и в условиях нечеткой информации;<br><b>Уметь</b> строить модели оценки рисков, применяемые при анализе инвестиционных проектов в условиях неопределенности. | <b>Задание</b><br>С инвестиционным проектом связан денежный поток с нечетко определенными платежами:<br>$A_0 = -2000$ , $A_1 = tfn(900;1000;1100)$ ,<br>$A_2 = tfn(1300;1500;1600)$ .<br>Оценить эффективность проекта и риски, связанные с его реализацией. |

### ***Примеры типовых заданий***

1. Доказать законы дистрибутивности для нечетких множеств.
2. Доказать законы де Моргана для нечетких множеств.
3. Опровергнуть закон исключенного третьего для строго нечетких множеств.
4. Построить модель нечеткого сведения «Экзамен назначен на середину января». Найти энтропию этого сведения.
5. Построить нечеткую модель уточнения первичного сведения «Экзамен назначен на середину января» вторичным сведением «Экзамен состоится в третьей декаде января». Найти количество информации, принесенной вторичным сведением, при условии, что до этого было известно первичное сведение.
6. Даны два треугольных нечетких числа  $A = \langle 3; 5; 6 \rangle$  и  $B = \langle 7; 8; 9 \rangle$ . Найти сумму и разность этих чисел.
7. Даны два треугольных нечетких числа  $A = \langle 3; 5; 6 \rangle$  и  $B = \langle 7; 8; 9 \rangle$ . Найти произведение и частное этих чисел.
8. Пусть  $A$  - трапецевидная нечеткая величина такая,

что  $A^0 = [0; 4]$ ,  $A^1 = [1; 3]$ . Найти уровневые множества величины  $A$ .

9. Пусть  $A$  - трапецевидная нечеткая величина такая, что

$A^0 = [0; 4]$ ,  $A^1 = [1; 3]$ . Провести дефазификацию величины  $A$ : а) методом центра тяжести, б) относительно равномерного распределения уровней и параметра оптимизма- пессимизма равного 0,5.

10. Денежная сумма  $X$  инвестирована на 3 года с постоянной нечеткой процентной ставкой  $R = \langle 0,04; 0.05; 0, 06 \rangle$ . В конце срока накопления нечеткая сумма должна быть  $S = \langle 8; 10; 12 \rangle$ . Определить  $X$ , используя нечеткую модель дисконтирования.

11. Пусть  $A$  - трапецевидная нечеткая величина такая, что  $B = tfn(2; 4; 6)$ ,  $C = tfn(3; 5; 7)$ . Упорядочить заданные нечеткие величины. Обосновать решение.

12. Пусть  $B = tfn(2; 4; 6)$ . Найти: а)  $Pos(B \leq 2,5)$ ; б)  $Nec(B \leq 5,5)$ .

13. Задан денежный поток с нечетко определенными платежами:

$$A_0 = -2000, A_1 = tfn(900; 1000; 1100), A_2 = tfn(1300; 1500; 1600).$$

а) Вычислить чистый приведенный доход как нечеткую величину.

б) Вычислить внутреннюю норму доходности как нечеткую величину.

14. Пять судей  $P_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  следующим образом распределили места среди четырех фигуристов  $a, b, c, d$

| $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ | $P_4$ | $P_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $a$   | $a$   | $b$   | $a$   | $d$   |
| $b$   | $c$   | $a$   | $d$   | $a$   |
| $c$   | $d$   | $c$   | $b$   | $b$   |
| $d$   | $b$   | $d$   | $c$   | $c$   |

Используя методы нечеткого принятия групповых решений, определить победителя.

15. Множество альтернатив содержит четыре элемента  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ . Их соответствие нечетким целям  $G_1, G_2, G_3$  представлено в виде нечетких подмножеств множества  $X$  :

|       | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $G_1$ | 0,7   | 0,8   | 0,3   | 0,2   |
| $G_2$ | 0,4   | 0,6   | 0,5   | 0,8   |
| $G_3$ | 0,6   | 0,9   | 0,8   | 0,7   |

Относительная важность целей:  $G_1 : G_2 : G_3 = 1 : 3 : 5$ . Выделить наиболее подходящую альтернативу.

### *Теоретические вопросы для подготовки к зачету*

1. Понятие нечеткого множества. Представление нечетких множеств. Уровневые множества. Нечеткие величины.
2. Стандартные операции над нечеткими множествами.
3. Свойства нечеткого отрицания. Семейства нечетких отрицаний.
4. Свойства нечеткой конъюнкции. Семейства нечетких конъюнкций.
5. Закон двойственности.
6. Нечеткие отношения и их свойства.
7. Сравнение нечетких величин.
8. Законы алгебры де Моргана.
9. Отличие алгебры Буля четких множеств от алгебры де Моргана нечетких множеств.
10. Нечеткое сведение о чем – либо и его энтропия.
11. Модель процесса информационного уточнения. Количество информации во вторичном сведении с учетом уже имеющегося первичного сведения
12. Треугольные нечеткие числа и операции над ними.
13. Отличие алгебры преобразования уравнений с четкими коэффициентами от уравнений с нечеткими коэффициентами.
14. Нечеткая модель бизнес проекта дилера.
15. Нечеткая модель двухлетнего инвестиционного проекта.
16. Нечеткая модель дисконтирования.

17. Нечеткая модель наращения.
18. Нечеткая модель финансового потока с нечетко определенными платежами.
19. Нечеткая модель непрерывного денежного потока с нечеткой плотностью.
20. Нечеткая оценка деятельности производственной компании.
21. Нечеткое сравнение инвестиционных проектов с нечеткими платежами.
22. Функционал ожидаемого эффекта.
23. Внутренняя норма доходности: возможность модель.
24. Внутренняя норма доходности: модель, основанная на методе нечеткого нуля.
25. Общая постановка задачи принятия решений в условиях нечеткости.
26. Подход Беллмана-Заде к решению задач нечеткого выбора.
27. Меры доверия и правдоподобия.
28. Модели принятия решений, основанные на мерах доверия и правдоподобия.
29. Нечеткие отношения предпочтения.
30. Агрегирование нечетких предпочтений.
31. Нечеткие аналоги теорем Эрроу.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная:**

1. Волкова, Е.С. Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах = Fuzzy sets and soft computing in economics and finance: учебное пособие / Е.С. Волкова, В.Б. Гисин; Финуниверситет, Каф. "Математика". - Москва: Финуниверситет, 2015, 2016. - 184 с. – Текст : непосредственный. - То же.- ЭБ Финуниверситета. - URL: [http://elib.fa.ru/rbook/volkova\\_gisin.pdf/info](http://elib.fa.ru/rbook/volkova_gisin.pdf/info) (дата обращения: 20.10.2022). Волкова, Е.С. Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах : учебное пособие / В.Б. Гисин, Е.С. Волкова. — Москва : КноРус, 2019. — 155 с. — (Бакалавриат). - ЭБС BOOK.ru. - URL:

<https://www.book.ru/book/930521> (дата обращения: 20.10.2022). - Текст : электронный.

**б) дополнительная:**

2. Dymowa, L. Soft Computing in Economics and Finance / L.Dymowa. — Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2011. — 296 p. — Springer Link. - URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-17719-4> (дата обращения 20.10.2022). - Текст : электронный.

3. Bede, B. Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic / B.Bede. — Springer: Berlin, Heidelberg, 2013. — 276 p. - Springer Link. - URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-35221-8> (дата обращения 20.10.2022). - Текст : электронный.

4. Lin, H.-R. Fuzzy Sets Theory Preliminary / H.-R.Lin, B.-Y.Cao, Y.-Z. Liao. — Springer International Publishing AG, 2017. — 148 p. — Springer Link.- URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-70749-5> (дата обращения: 20.10.2022). - Текст : электронный.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Образовательный портал Финансового университета.
2. Сайт департамента Анализа данных, принятия решений и финансовых технологий ФУ.
3. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ) <http://elib.fa.ru/> (<http://library.fa.ru/files/elibfa.pdf>)
4. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ОНЛАЙН» <http://biblioclub.ru/>
6. Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znaniy.com>
7. «Деловая онлайн библиотека» издательства «Альпина Паблишер» <http://lib.alpinadigital.ru/en/library>
8. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
9. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://www.biblio-online.ru/>
10. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>

11.Электронная коллекция книг издательства Springer: Springer eBooks <http://link.springer.com/> тематические книжные коллекции:

-Business and Economics eBooks 2013; Mathematics and Statistic eBooks 2013; Humanities, Social Science&Law eBooks 2013

-Business and Economics eBooks 2014; Mathematics and Statistic eBooks 2014

-Business and Economics eBooks 2015; Mathematics and Statistic eBooks 2015

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Самостоятельная работа студентов проходит аудиторно и внеаудиторно. Организации самостоятельной работы служит учебно-тематический план изучения дисциплины. В этом плане указана тематика лекций, практических занятий, вопросы и задания для самостоятельного изучения.

Домашние задания следует выполнять регулярно при подготовке к практическим занятиям. Контроль выполнения домашних заданий осуществляется в ходе практических занятий в процессе выборочного собеседования.

### **Методические рекомендации по выполнению контрольной работы**

1. Контрольная работа представляет собой работу исследовательского характера.

2. Цель написания контрольной работы – выработка у студентов опыта самостоятельного получения углубленных знаний по одной из проблем (тем) курса.

3. Примерный перечень тем контрольных работ содержится в рабочей программе дисциплины (модуля). Контрольная работа выполняется под методическим руководством преподавателя, ведущего семинарские (практические) занятия.

4. Контрольная работа студента должно включать:

- описание актуальности темы, цели и задач работы;
- круг рассматриваемых проблем, варианты и методы их решения;

- результаты анализа используемого материала, их интерпретация и общие выводы.

5. При выполнении контрольной работы используются современные информационные средства поиска, обработки и анализа материала, базы данных.

6. Объем контрольной работы - не более 10 страниц.

7. Оценка контрольной работы осуществляется в процессе текущего контроля успеваемости студентов.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем**

### **11.1. Комплект лицензионного программного обеспечения:**

1. Windows, Microsoft Office.
2. Антивирус ESET Endpoint Security

### **11.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Информационно-правовая система «Гарант»
2. Информационно-правовая система «Консультант Плюс»
3. Электронная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Wiki>
4. Система комплексного раскрытия информации «СКРИН» - <http://www.skrin.ru/>

### **11.3. Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации**

- не используются

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, оборудованных мультимедийными комплексами, компьютерными классами с выходом в Интернет.