Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

**УТВЕРЖДАЮ**

декан факультета вычислительной математики и кибернетики

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/И.А. Соколов /**

**«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**Основы нечетких систем и их приложения**

**Уровень высшего образования:**

**бакалавриат**

**Направление подготовки / специальность:**

**01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (3++)**

**Направленность (профиль):**

**Системное программирование и компьютерные науки**

**Форма обучения:**

**очная**

**Москва 2023**

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.03.02, 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы бакалавриата Утвержден приказом МГУ от 30 августа 2019 года № 1041 (в редакции приказов МГУ от 11 сентября 2019 года № 1109, от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404, от 2 ноября 2022 года № 1299)

**1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО:**

Дисциплина относится к вариативной части ОПОП ВО.

**2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:**

Целью дисциплины является получение студентами знаний в области теории нечетких множеств и приложений нечетких систем.

Задачей дисциплины является знакомство студентов с основными понятиями теории нечётких множеств (нечеткие множества, нечеткие отношения, системы нечеткого логического вывода, нечёткие и лингвистические переменные, семантические пространства, измерение степени нечёткости множества и семантического пространства) и приложений нечётких систем в задачах поиска, управления, классификации, оценки и мониторинга процессов, персонализации взаимодействия с цифровыми ресурсами.

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ):**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) | |  |
| Содержание и код компетенции. | Индикатор (показатель) достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по  дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций |
| ОПК-1. Способен решать актуальные научно-исследовательские задачи в области фундаментальной и прикладной математики. | ОПК-1.1 – Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области фундаментальной и прикладной математики  ОПК-1.2 – Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области фундаментальной и прикладной математики | З1 (ОПК-1) Знать:  основные методы теории нечётких множеств для решения задач поиска, управления, классификации, оценки и мониторинга процессов, персонализации взаимодействия с цифровыми ресурсами в человеко-компьютерных интеллектуальных системах.  У1 (ОПК-1) Уметь:  формализовать задачу в рамках человеко-компьютерной модели;  оценивать качество (степень нечёткости) модели и качество решения задачи;  проводить анализ робастности решения;  настраивать и выбирать модель для решения конкретной задачи.  В1 (ОПК-1) Владеть:  теоретическими знаниями в области теории нечетких систем;  практическими навыками работы с современными методами анализа и оптимизации нечётких систем. |
| ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели, а также интерпретировать полученные математические результаты при решении задач в области профессиональной деятельности. | ОПК-3.1. Умеет выбирать методы исследования математических моделей; строить и исследовать математические модели, применять и модифицировать их для решения задач в области профессиональной деятельности.  ОПК-3.2. Владеет навыками применения математического аппарата к исследуемым математическим моделям. | З1 (ОПК-3) Знать:  основные типовые методы исследования нечетких моделей;  основные типовые и прикладные задачи, которые решаются с помощью методов нечетких систем.  У1 (ОПК-3) Уметь:  создавать нечеткие модели типовых прикладных задач, решаемых в рамках  человеко-компьютерных интеллектуальных систем;  проводить анализ качества нечетких моделей (степень нечеткости, робастность);  проводить оптимизацию нечетких моделей.  В1 (ОПК-3) Владеть:  Навыками построения нечетких моделей с использованием современных инструментов нечеткого моделирования. |
| СПК–1. Способен понимать и применять современный математический аппарат в области компьютерных наук. |  | З1 (СПК-1) Знать:  Основные понятия теории нечетких множеств;  основные алгоритмы и методы анализа нечетких моделей;  преимущества и ограничения нечетких систем.  У1 (СПК-1) Уметь:  использовать современные методы анализа нечетких моделей для разработки нечетких систем;  оценивать качество работы нечетких систем (степень нечеткости);  оценивать практическую применимость нечётких систем (робастность).  В1 (СПК-1) Владеть:  навыками решения практических задач с использованием нечетких систем. |

4. Объем дисциплины составляет 144 з.е., в том числе 72 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 72 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ:**

**5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Номинальные трудозатраты обучающегося | | | Всего академических часов |
| Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)  Виды контактной работы, академические часы | | Самостоятельная работа обучающегося  академические часы |
| Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа |
| Раздел 1. Введение в теорию нечетких систем. | 2 | – | 2 | 4 |
| Раздел 2. Понятие нечеткого множества. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 3. Множество нечетких подмножеств и его свойства. | 8 | – | 8 | 16 |
| Раздел 4. Нечеткие отношения. Основные операции и их свойства. | 8 | – | 8 | 16 |
| Раздел 5. Нечеткий вывод и его свойства. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 6. Основы нечётких систем управления. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 7. Понятия лингвистической переменной и полных ортогональных семантических  пространств. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 8. Аксиомы степени нечеткости для полных ортогональных семантических пространств. Теорема существования. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 9. Простейшая степень нечеткости и ее свойства. | 6 | – | 6 | 12 |
| Раздел 10. Устойчивость степени нечеткости. Метод выбора оптимального множества значений качественного признака. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 11. Модель поиска нечетко описанных объектов. | 8 | – | 8 | 18 |
| Раздел 12. Нечеткий классификатор. Нечеткие ассоциативные правила. | 4 | – | 4 | 8 |
| Раздел 13. Сценарии использования Гибридного Интеллекта. Оценка и мониторинг плохо формализуемых процессов. | 6 | – | 6 | 12 |
| Раздел 14. Сценарии использования Гибридного Интеллекта. Персонализация взаимодействия с цифровыми ресурсами. | 6 | – | 6 | 12 |
| Промежуточная аттестация (экзамен) |  |  |  | 4 |
| **Итого** | 72 | 0 | 72 | 144 |

**5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплин |
| 1. | Введение в теорию нечетких систем. | Модель. Отношение объекта и модели. Неопределенность – свойство любой модели. Физическая (мир объектов) и лингвистическая (мир объектов и людей) неопределенность. Теория нечетких множеств как инструмент моделирования и анализа лингвистической неопределённости. Основные драйверы развития теории нечетких множеств (гибридный интеллект, социальные сети, смешанные сети). |
| 2. | Понятие нечеткого множества. | Элемент и множество. Принадлежность элемента множеству. Типы функций принадлежности. Объективная и субъективная природа функций принадлежности. Методы построения функций принадлежности (прямые и косвенные, для одного эксперта и для группы экспертов). Построение функций принадлежности из данных (fcm, c-maens). Настройка функций принадлежности для конкретного пользователя. |
| 3. | Множество нечетких подмножеств и его свойства. | Множество P(*U*) нечетких подмножеств множества *U*. Простейшие операции в P(*U*). Свойства различных алгебр в P(*U*). Подмножества 𝜶-уровня. Декомпозиция нечетких множеств. Расстояния между нечеткими множествами. Измерение степени нечеткости множества. Оценка нечеткости через энтропию. Метрический подход к измерению степени нечеткости множества. Аксиоматический подход к измерению степени нечеткости множества. Свойства степени нечеткости множества. Теорема о перестановках. Следствие о сдвигах функции принадлежности. Основные свойства класса эквивалентности нечетких множеств, имеющих одинаковую степень нечеткости. |
| 4. | Нечеткие отношения. Основные операции и их свойства. | Понятие нечеткого отношения. Основные операции над нечёткими отношениями и их свойства. Подмножества  – уровня нечеткого отношения. Теорема о декомпозиции нечетких отношений. Теорема о синтезе нечетких отношений. Композиция нечетких отношений. (Max-min) – композиция и ее свойства. (Max-\* ) – композиции. Транзитивное замыкание нечеткого бинарного отношения. Теорема о транзитивном замыкании. Композиция транзитивных отношений. Нечеткие бинарные отношения в *U* × *U*. Нечеткие отношения предпорядка. Теорема о предпорядке. Отношение подобия. Теорема о разложении отношения подобия. Теорема о синтезе отношения подобия. Отношение порядка. Отношение различия. Метрика, индуцированная отношением различия. Отношение сходства. |
| 5. | Нечеткий вывод и его свойства. | Приближенные рассуждения на основе modus ponens. Приближенные рассуждения на основе modus tollens. Формализация логических связок. Треугольные нормы, треугольные кономы и их свойства. Отрицания. Параметрическое задание треугольных норм и конорм. Формализации импликации. |
| 6. | Основы нечётких систем управления. | Приближенные рассуждения в прикладных задачах. Основные понятия теории управления. Основные идеи нечеткого управления. Укрупненный алгоритм работы нечеткого контроллера. Теорема Кошко (Fuzzy Approximation Theorem). |
| 7. | Понятия лингвистической переменной и полных ортогональных семантических  пространств. | Понятия нечеткой и лингвистической переменной. Контекстная зависимость. Семантические пространства как частный случай лингвистической переменной. Полные ортогональные семантические пространства. |
| 8. | Аксиомы степени нечеткости для полных ортогональных семантических пространств. Теорема существования. | Ближайшая совокупность характеристических функций. Лемма о расстоянии в полных ортогональных семантических пространствах. Аксиомы степени нечёткости для полных ортогональных семантических пространств. Теорема существования. |
| 9. | Простейшая степень нечеткости и ее свойства. | Частные случаи функционалов, измеряющих нечеткость. Интерпретация степени нечеткости полного ортогонального семантического пространства для простейшего функционала. Свойства степени нечеткости полных ортогональных семантических пространств. Теорема о линейных преобразованиях. Интерпретация теоремы о линейных преобразованиях. |
| 10. | Устойчивость степени нечеткости. Метод выбора оптимального множества значений качественного признака. | Понятие устойчивости (робастности) нечетких моделей.  - модель Степень нечеткости в  - модели. Устойчивость степени нечеткости. Метод выбора оптимального множества значений качественных признаков. |
| 11. | Модель поиска нечетко описанных объектов. | Лингвистические базы данных, социальные сети. Потери информации и шумы в лингвистических базах данных. Связь потерь информации (шумов) и степени нечеткости. Потери информации и шумы в  – модели. Устойчивость связи потерь информации и шумов со степенью нечеткости в  – модели. |
| 12. | Нечеткий классификатор. Нечеткие ассоциативные правила. | Нечеткая классификация. Степень нечеткости классификации. Классификатор на основе нечетких правил. Степень нечеткости классификатора. Связь степени нечеткости классификации со степенью нечеткости классификатора и степенью нечеткости описания объектов. Нечеткие ассоциативные правила. Поддержка и истинность нечетких ассоциативные правил. Антимонотонность поддержки и истинности нечетких правил. |
| 13. | Сценарии использования Гибридного Интеллекта. Оценка и мониторинг плохо формализуемых процессов. | Понятие систем оценки и мониторинга процессов в социотехнических системах. Основные идеи агрегирования информации в нечетких иерархических динамических системах. Обучение операторов агрегирования информации в нечетких системах. Примеры систем оценки и мониторинга плохо формализуемых процессов (безопасность, здравоохранение, производство). |
| 14. | Сценарии использования Гибридного Интеллекта. Персонализация взаимодействия с цифровыми ресурсами. | Рост цифровых ресурсов (цифрового мира). Цифровая модель мира физического. Персонализация взаимодействия с цифровыми ресурсами. Модели персонализации. Персонализация на основе активности пользователя. Персонализация на основе активности цифрового мира. Примеры (поиск, дизайн, компьютерное обучение, здравоохранение, цифровые привычки, социальное окружение пользователя). |

**6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС, ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ) ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).**

**6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости**

Форма текущего контроля успеваемости, соотнесенные со структурой дисциплины (темами)

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование разделов и тем дисциплины (модуля) | Форма текущего контроля успеваемости (наименование) |
| Раздел 1. Введение в теорию нечетких систем. | Опрос |
| Раздел 2. Понятие нечеткого множества. | Опрос |
| Раздел 3. Множество нечетких подмножеств и его свойства. | Практические работы |
| Раздел 4. Нечеткие отношения. Основные операции и их свойства. | Практические работы |
| Раздел 5. Нечеткий вывод и его свойства. | Практические работы |
| Раздел 6. Основы нечётких систем управления. | Практические работы |
| Раздел 7. Понятия лингвистической переменной и полных ортогональных семантических пространств. | Опрос |
| Раздел 8. Аксиомы степени нечеткости для полных ортогональных семантических пространств. Теорема существования. | Опрос |
| Раздел 9. Простейшая степень нечеткости и ее свойства. | Практические работы |
| Раздел 10. Устойчивость степени нечеткости. Метод выбора оптимального множества значений качественного признака. | Практические работы |
| Раздел 11. Модель поиска нечетко описанных объектов. | Опрос и практические работы |
| Раздел 12. Нечеткий классификатор. Нечеткие ассоциативные правила. | Опрос |
| Раздел 13. Сценарии использования Гибридного Интеллекта. Оценка и мониторинг плохо формализуемых процессов. | Опрос |
| Раздел 14. Сценарии использования Гибридного Интеллекта. Персонализация взаимодействия с цифровыми ресурсами. | Опрос |

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания**

Схема доказательства дистрибутивности в < P(*U*); *max*, *min*, >

Схема доказательства не дистрибутивности в < P(*U*); , ×, >

Доказательство теорем Де-Моргана для < P(*U*); , ×, >

Доказать равенство

Доказать равенство

Доказать равенство

Доказать равенство

Оценка нечеткости через энтропию: основные недостатки

Вычислить степень нечеткости для и

Вычислить степень нечеткости для и

Степень нечеткости и для кусочно-линейных функций принадлежности

Основные свойства класса эквивалентности множеств, имеющих одинаковую степень нечеткости

Доказательство ассоциативности *max-min* композиции для нечетких отношений

Доказательство дистрибутивности относительно объединения для нечетких отношений

Доказательство не дистрибутивности относительно пересечения для нечетких отношений

Доказательство монотонности для нечетких отношений

Примеры рефлексивных, симметричных, транзитивных нечетких отношений.

Примеры не рефлексивных, не симметричных, не транзитивных нечетких отношений.

Всегда ли композиция двух транзитивных нечетких отношений является транзитивным отношением?

Если и транзитивны, может ли одно из отношений и быть транзитивным, а другое – не транзитивным?

Верно ли, что для любого предпорядка справедливо ?

Доказать, что любое совершенно антисимметричное отношение является антисимметричным.

Пример отношения подобия.

Доказательство рефлективности и симметричности -уровня отношения подобия

Доказательство транзитивности -уровня отношения подобия

Пример

Интерпретация степени нечеткости , для простейшего случая ( – линейна функция)

Сколько существует функционалов , для

Степень нечеткости ,

Степень нечёткости множества, индуцированная тривиальной

Интерпретация теоремы о линейных преобразованиях

Методика выбора оптимального множества значений качественного признака

Зачем нужна  - модель?

Привести пример , на которой достигается нижняя оценка

Привести пример , на которой достигается верхняя оценка

Классификация задач поиска информации в нечеткой среде

Содержательный смысл потерь информации при нечетком поиске

Содержательный смысл шумов при нечетком поиске

Соотношение потерь информации и шумов при нечетком поиске

Будет ли множество, оптимальное для описания объектов, также оптимальным для поиска нечеткой информации?

Общая формулировка связи степени нечеткости и показателей качества поиска информации

Устойчивость связи степени нечеткости и показателей качества поиска информации

Понятие нечёткого лингвистического интерфейса к большим базам данных

Модификация функций принадлежности при персонификации поиска в больших базах данных

Оптимизация социальных сетей на основе нечеткого лингвистического интерфейса

Инструменты обучения нечетких систем

Обучение на основе настройки функций принадлежности

Обучение на основе настройки параметров *t* – норм и *t* - конорм

Понятие генетического алгоритма

Обобщения генетического алгоритма (муравьиный алгоритм, роевой алгоритм, алгоритм стаи)

Классификатор на основе нечетких правил.

Степень нечеткости классификатора.

Связь степени нечеткости классификации со степенью нечеткости классификатора и степенью нечеткости описания объектов.

Нечеткие ассоциативные правила.

Поддержка и истинность нечетких ассоциативные правил.

Антимонотонность поддержки и истинности нечетких правил.

Отличие систем оценки и мониторинга от систем управления техническими объектами.

Понятнее нечетко заданного подкласса функций значной логики от переменных.

Примеры формализации нечетких условий «функция почти не меняется», «функция слабо возрастает», «функция сильно убывает».

Алгоритм вычисления степени принадлежности функции нечеткому условию.

Алгоритм вычисления степени принадлежности функции системе нечетких условий.

Примеры систем оценки и мониторинга

Модели персонализации.

Примеры персонализации на основе активности пользователя.

Примеры персонализации на основе активности цифрового мира.

**6.3 Критерии и шкалы оценивания**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине** | | | | | | Оценка  виды оценочных средств | 2 | 3 | 4 | 5 | | З1 (ОПК-1) Знать:  основные методы теории нечётких множеств для решения задач поиска, управления, классификации, оценки и мониторинга процессов, персонализации взаимодействия с цифровыми ресурсами в человеко-компьютерных интеллектуальных системах. | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания | | У1 (ОПК-1) Уметь:  формализовать задачу в рамках человеко-компьютерной модели;  оценивать качество (степень нечёткости) модели и качество решения задачи;  проводить анализ робастности решения;  настраивать и выбирать модель для решения конкретной задачи. | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение | | В1 (ОПК-1) Владеть:  теоретическими знаниями в области теории нечетких систем;  практическими навыками работы с современными методами анализа и оптимизации нечётких систем. | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач | | З1 (ОПК-3) Знать:  основные типовые методы исследования нечетких моделей;  основные типовые и прикладные задачи, которые решаются с помощью методов нечетких систем. | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания | | У1 (ОПК-3) Уметь:  создавать нечеткие модели типовых прикладных задач, решаемых в рамках  человеко-компьютерных интеллектуальных систем;  проводить анализ качества нечетких моделей (степень нечеткости, робастность);  проводить оптимизацию нечетких моделей. | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение | | В1 (ОПК-3) Владеть:  Навыками построения нечетких моделей с использованием современных инструментов нечеткого моделирования. | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач | | З1 (СПК-1) Знать:  Основные понятия теории нечетких множеств;  основные алгоритмы и методы анализа нечетких моделей;  преимущества и ограничения нечетких систем. | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания | | У1 (СПК-1) Уметь:  использовать современные методы анализа нечетких моделей для разработки нечетких систем;  оценивать качество работы нечетких систем (степень нечеткости);  оценивать практическую применимость нечётких систем (робастность). | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение | | В В1 (СПК-1) Владеть:  навыками решения практических задач с использованием нечетких систем. | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач | |

**7. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

**7.1. Перечень основной и дополнительной литературы**

* Рыжов А.П. *Гибридный интеллект. Сценарии использования в бизнесе*. Новосибирск, Академиздат, 2019, 116 с.
* Рыжов А.П. *Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости*. Москва: Диалог-МГУ, 1998, 116 с.
* Рыжов А.П. *Модели поиска информации в нечеткой среде*. Москва: Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2004, 96с.
* Рыжов А.П. Математические задачи систем оценки и мониторинга сложных процессов. Обзор постановок и результатов. Интеллектуальные системы. Т. 19, Вып. 1, 2015, с. 5-20.
* Гладков Л.А., Курейчик В.М., Курейчик В.В. *Генетические алгоритмы*. Ростов-на-Дону: РостИздат, 2004, 334 с.
* Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации. *Проблемы кибернетики*. 1978, вып. 33, с. 28 - 57.
* Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. *Математика сегодня*. Под ред. Н.Н. Моисеева. М., Знание, 1974, с. 5 - 48.
* Заде Л.А. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приблизительных решений*. - М.: Мир, 1976.
* Саати Т. *Анализ иерархических процессов*. Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1993.
* Яблонский С.В. *Введение в дискретную математику*. – М.: Наука, 1985.
  1. **Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

* Python 3, sklearm
* Jupyter notebook
  1. **Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. http://www.ict.edu.ru – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
   1. **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

* UCI repository
* Sklearn datasets
* Документация sklearn <https://scikit-learn.org/stable/>
* Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI) <https://hai.stanford.edu/>
* European Human-Centered AI - <https://www.humane-ai.eu/>
* Google People + AI Research (PAIR) [https://research.google/teams/brai n/pair/](https://research.google/teams/brai%20n/pair/)
* IBM human-centered AI <https://research.ibm.com/blog/what-is-human-centered-ai>
  1. **Описание материально-технического обеспечения.**

Факультет ВМК, ответственный за реализацию данной Программы, располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет. Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база факультета соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**8.1. Формы и методы преподавания дисциплины**

Используемые формы и методы обучения:

- лекции

- самостоятельная работа студентов.

В процессе преподавания дисциплины преподаватель использует как классические формы и методы обучения (лекции и семинарские занятия), так и активные методы обучения.

При проведении лекционных занятий преподаватель использует аудиовизуальные, компьютерные и мультимедийные средства обучения, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные (в том числе раздаточные) материалы.

В рамках курса используются активные и интерактивные методы обучения в процессе проведения занятий. Основными особенностями интерактивных занятий являются интерактивные практические упражнения и задания, которые выполняются обучающимися не только и не столько на закрепление изученного материала, но и на самостоятельное изучение нового.

**8.2. Методические рекомендации преподавателю**

Перед началом изучения дисциплины преподаватель должен ознакомить студентов с видами учебной и самостоятельной работы, перечнем литературы и интернет-ресурсов, формами текущей и промежуточной аттестации, с критериями оценки качества знаний для итоговой оценки по дисциплине.

При проведении лекций преподаватель:

1) формулирует тему и цель занятия;

2) излагает основные теоретические положения;

3) с помощью мультимедийного оборудования и/или под запись дает определения основных понятий, расчетных формул;

4) проводит примеры из отечественного и зарубежного опыта, дает текущие статистические данные для наглядного и образного представления изучаемого материала;

5) в конце занятия дает вопросы для самостоятельного изучения.

Целесообразно, в ходе обсуждения учебных вопросов, задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем, а также поощрять выступление с места в виде кратких дополнений. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя

**8.3. Методические рекомендации студентам по организации самостоятельной работы.**

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке университета, встретиться с преподавателем, ведущим дисциплину, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, осуществить запись на соответствующий курс в среде электронного обучения университета.

Глубина усвоения дисциплины зависит от активной и систематической работы студента на лекциях и практических занятиях, а также в ходе самостоятельной работы, по изучению рекомендованной литературы.

На лекциях важно сосредоточить внимание на ее содержании. Это поможет лучше воспринимать учебный материал и уяснить взаимосвязь проблем по всей дисциплине. Основное содержание лекции целесообразнее записывать в тетради в виде ключевых фраз, понятий, тезисов, обобщений, схем, опорных выводов. Необходимо обращать внимание на термины, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставлять в конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы. Для закрепления содержания лекции в памяти, необходимо во время самостоятельной работы внимательно прочесть свой конспект и дополнить его записями из учебников и рекомендованной литературы. Конспектирование читаемых лекций и их последующая доработка способствует более глубокому усвоению знаний, и поэтому являются важной формой учебной деятельности студентов.

**Методические указания для самостоятельной работы обучающихся**

Прочное усвоение и долговременное закрепление учебного материала невозможно без продуманной самостоятельной работы. Такая работа требует от студента значительных усилий, творчества и высокой организованности. В ходе самостоятельной работы студенты выполняют следующие задачи: дорабатывают лекции, изучают рекомендованную литературу, готовятся к практическим занятиям, к коллоквиуму, контрольным работам по отдельным темам дисциплины. При этом эффективность учебной деятельности студента во многом зависит от того, как он распорядился выделенным для самостоятельной работы бюджетом времени.

Результатом самостоятельной работы является прочное усвоение материалов по предмету согласно программы дисциплины. В итоге этой работы формируются профессиональные умения и компетенции, развивается творческий подход к решению возникших в ходе учебной деятельности проблемных задач, появляется самостоятельности мышления.

Решение задач

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи).

Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом.

Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты.

Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

Задача — это цель, заданная в определенных условиях, решение задачи — процесс достижения поставленной цели, поиск необходимых для этого средств.

Алгоритм решения задач:

1. Внимательно прочитайте условие задания и уясните основной вопрос, представьте процессы и явления, описанные в условии.

2. Повторно прочтите условие для того, чтобы чётко представить основной вопрос, проблему, цель решения, заданные величины, опираясь на которые можно вести поиски решения.

3. Произведите краткую запись условия задания.

4. Если необходимо составьте таблицу, схему, рисунок или чертёж.

5. Определите метод решения задания, составьте план решения.

6. Запишите основные понятия, формулы, описывающие процессы, предложенные заданной системой.

7. Найдите решение в общем виде, выразив искомые величины через заданные.

9. Проверьте правильность решения задания.

10. Произведите оценку реальности полученного решения.

11. Запишите ответ.

**9. Разработчик (разработчики) программы.**

* д.т.н., профессор кафедры ИИТ факультета ВМК МГУ, пофессор Рыжов Александр Павлович