

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 /

2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины (модуля):

Логические и комбинаторные методы анализа данных

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

01.04.02 "Прикладная математика и информатика" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:

Искусственный интеллект в кибербезопасности

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета факультета ВМК
(протокол № 7, от 29 сентября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. N 13.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина (модуль) относится к части дисциплин основной профессиональной образовательной программы, формируемых участниками образовательных отношений.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

Учащиеся должны владеть знаниями по дискретной математике, линейной алгебре, алгебраическим методом обработки данных в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальности 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

| Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) | | |
|--|--|---|
| Содержание и код компетенции. | Индикатор (показатель) достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций |
| ПК-6. Способен руководить проектами по созданию комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях | ПК-6.1. Осуществляет руководство проектом по построению комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях ПК-6.2. Применяет варианты использования больших данных, определений, словарей и эталонной архитектуры больших данных при руководстве проектами по построению комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях | ПК-6.1. З-1. Знает методологию и принципы руководства проектом по созданию, поддержке и использованию комплексных систем на основе аналитики больших данных ПК-6.1. З-2. Знает специфику сфер и отраслей, для которых реализуется проект по аналитике больших данных ПК-6.1. У-1. Умеет решать задачи по руководству коллективной проектной деятельностью для создания, поддержки и использования комплексных систем на основе аналитики больших данных ПК-6.1. У-2. Умеет сосредотачивать внимание на целях, достижение которых обеспечивает большую отдачу и сильное воздействие ПК-6.1. У-3. Умеет формировать матрицу приоритетов, включая критерии отбора проектов для реализации ПК-6.2. У-1. Умеет определять риски, свя- |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>занные с реализацией / развертыванием инициатив / проектов в области аналитики больших данных</p> <p>ПК-6.2. У-2. Умеет описывать каждый риск на различных этапах развертывания аналитики больших данных, его воздействие, реализацию и серьезность</p> <p>ПК-6.2. У-3. Умеет определять цели проектов в области аналитики больших данных в организации / подразделениях / службах</p> <p>ПК-6.2. У-4. Умеет разрабатывать стратегические планы на уровне организации для проектов аналитики больших данных</p> |
|--|--|--|

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 з.е., в том числе 72 академических часа, 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:

В курсе изучаются операции над элементами множеств нечисловой природы. Соответствующие математические структуры являются основными в математической кибернетике, дискретной математике, а также в прикладных теориях распознавания образов, прогнозирования, анализа данных и др. Основные понятия и свойства данных структур этих наук - частично упорядоченные множества, решётки, булевы алгебры - являются рабочим инструментом исследователей. В курсе особое внимание уделено частично упорядоченным множествам, определению их характеристик и операций над ними, как математическим объектам, недостаточно освящённым в отечественной научной и учебной литературе.

Аналогичные курсы читаются в ведущих зарубежных университетах; также за рубежом выпускается большое число книг, учебников и монографий по данной тематике, с систематическим изложением основных сведений из указанных разделов и ориентированных на исследователей-практиков, работающих с указанными структурами алгебры.

В ходе изучения дисциплины вводимые понятия и утверждения, как доказываемые иллюстрируются большим количеством примеров.

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине | Всего (часы) | В том числе | | | | | | | |
|--|----------------------|---|-----------------------------|---|-------|-----------------------------|--|-------|--|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы | | | | | Самостоятельная работа учащегося, часы | | |
| | | из них | | | | | из них | | |
| Занятия лекционного типа | Практические занятия | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др. | Всего | Выполнение домашних заданий | Подготовка рефератов и т.п.. | Всего | |
| Тема 1. Информационный подход в распознавании образов Информация по Хартли Действие группы на множестве Измерение информации слов Группировка значений Методы теории информации в задачах распознавания. | 15 | 10 | 4 | 1 | | | | 8 | |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----|---|--|---|--|--|--|--|-----------|
| Тема 2. Теория пересчёта Пойа Лемма Бёрнсайда Теорема Пойа Применение теоремы Пойа для решения комбинаторных задач | 15 | 10 | 4 | | 1 | | | | | 8 |
| Тема 3. Структурный подход в распознавании образов Введение в синтаксический подход к распознаванию образов Методы предобработки объектов Языки описания образов Автоматные языки, конечные автоматы, регулярные выражения Левенштейновская аппроксимация произвольного слова словом из регулярного языка | 22 | 18 | 4 | | 2 | | | | | 22 |
| Тема 4. Математика коллективных решений Постановка проблемы Правила голосования Парадокс Эрроу Стратегическое поведение участников голосования | 20 | 16 | 2 | | 2 | | | | | 20 |

| | | | | | | | | | | |
|--|-----------|----|---|--|---|--|--|--|--|-----------|
| ния | | | | | | | | | | |
| Тема 5. Линейные рекуррентные последовательности Основные понятия и определения Решение однородных л.р.с. Решение неоднородных л.р.с. | 10 | 8 | 2 | | | | | | | 10 |
| Тема 6. Комбинаторные методы в анализе структур Комбинаторика в кластеризации Числа Белла Ещё комбинаторные числа Общая комбинаторная схема | 30 | 20 | 8 | | 2 | | | | | 30 |
| Тема 7. Случайные графы Дискретная вероятность Понятие о вероятностном методе Модели случайных графов Модели Интернета Пейджранк | 32 | 26 | 4 | | 2 | | | | | 32 |

| | | | |
|--------------|------------|-----------|-----------|
| Итого | 144 | 72 | 72 |
|--------------|------------|-----------|-----------|

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, критерии и шкалы оценивания

Текущий контроль успеваемости. Список вопросов для коллоквиума.

1. Информация слова в конечном алфавите. Перфиксные коды. Неравенство Крафта.
2. Действие группы на множестве. Цикловой индекс.
3. Фиксатор и стабилизатор. Лемма Бёрнсайда.
4. Теорема Пойа и её применение для решения комбинаторных задач. Примеры.
5. Дискриминантный, реляционный и синтаксический подходы к распознаванию образов.
6. Конечные недетерминированные и детерминированные автоматы.
7. Операции редактирования слов и левенштейно отличие слов.
8. Парадокс Кондорсе. Парадокс Эрроу.
9. Линейные рекуррентные последовательности: определение, характеристический многочлен.
10. Основные перечислительные правила (суммы и произведения). Числа Стирлинга II рода, числа Белла и белиан.
11. Общая комбинаторная схема.
12. Дискретная вероятность. Понятие о вероятностном методе. Числа Рамсея.
13. Модель Эрдёша-Реньи случайного графа.
14. Модели Интернета. Наблюдения Барабаши-Альберт.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме коллоквиума. Студентам по очереди задаются вопросы. Студенты отвечают на них, кто-то из студентов может дополнить ответ. Ответ на 5-7 вопросов соответствует оценке "отлично", 3-4 – оценки "хорошо", 1-2 – оценке "удовлетворительно", 0 – оценке "неудовлетворительно".

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

Вопросы к экзамену

Информационный подход в распознавании образов

1. Информация по Хартли: определение, информация элемента по эквивалентности. Префиксные коды. Неравенство Крафта-Макмиллана (с доказательством).
2. Действие группы на множестве (два определения). Орбиты. Фиксатор перестановки и стабилизатор элемента. Лемма Бёрнсайда.
3. Композиция и 0 -информация слова в конечном алфавите. Произведение слов из конечного алфавита: определение и формула для вычисления 0 -информации (с доказательством).
4. Взаимная информация слов конечного алфавита. Независимость слов. Вычисление условной информации слов по таблице замен. Оптимальное квантование данных.
5. Вычисление информативности признака по отношению к информационному вектору. Чистые классификаторы и чистые шумы. Информационная метрика ρ на пространстве признаков. Кластеры признаков, сложные признаки и их формирование.

Теория перечисления Пойа

1. Платоновы тела. Действия групп вращения тетраэдра и октаэдра и действие на грани, рёбра и вершины соответствующего многогранника.
2. Цикловой индекс. Вычисление числа орбит через цикловой индекс. Примеры.
3. Теорема Пойа и её применение для решения комбинаторных задач. Примеры.

Структурный подход в распознавании образов

1. Дискриминантный, реляционный и синтаксический (структурный) подходы к распознаванию образов. Синтаксическое распознавание: составляющие подходы. Методы преобработки объектов.
2. Методы преобработки объектов. Дискретизация аналоговых данных и теорема Котельникова-Найквиста-Шеннона. Цифровые фильтры. Методы сегментации изображений. Цепное кодирование.
3. Конечные недетерминированные и детерминированные автоматы. Генерирующий автомат как регулярная грамматика.
4. Операции на множестве языков. Штрафной автомат и штрафные языки.
5. Задача построения алгоритма, вычисляющего отличие слова от регулярного языка. Операции редактирования слов. Левенштейно отличие слов и наивный алгоритм его вычисления.
6. Граф преобразований слов. Лемма о порядке редакторских операций. Основной результат.

Математика коллективных решений

1. Постановка проблемы коллективного выбора. Мажоритарная система выборов и виды большинства. Парадокс Кондорсе. Основные процедуры голосования.

2. Аксиоматический подход к проблеме голосования. Аксиомы Эрроу (локальности, единогласия, ненавязанности, монотонности, нейтральности). Диктатор и диктаторское правило голосования. Теорема (парадокс) Эрроу.

Линейные рекуррентные последовательности

1. Линейные рекуррентные последовательности (л.р.п): определение, характеристический многочлен. Теорема о базисе и общее решение л.р.п.

2. Лемма о корнях характеристического многочлена. Теорема о базисных последовательностях л.р.п.: случаи простых, комплексных корней. Решение л.р.п.

3. Нелинейные рекуррентных соотношения: основная теорема, нахождение решения.

Комбинаторные методы в анализе структур

1. Комбинаторный анализ. Задача кластерного анализа. Основные перечислительные правила (суммы и произведения). Числа Стирлинга II рода: определение, рекуррентная формула, формула суммирования. Числа Белла и беллиан.

2. Энумераторы. Метод производящих функций. Выборки без повторения и с повторениями. Число размещений n различных шаров по k различным урнам.

3. Число размещений n различных шаров по k различным (пустым и непустым) урнам.

4. Числа Стирлинга I рода: определение, рекуррентное соотношение.

5. Числа Фибоначчи: определение, формула для общего члена (с выводом).

6. Числа Каталана. Задача о числе неизоморфных двоичных деревьев с k вершинами.

7. Мультимножества. Производящая функция выбора. Задача о размене монет.

Случайные графы

1. Дискретная вероятность. Понятие о вероятностном методе. Числа Рамсея. Нижняя оценка диагонального числа Рамсея.

2. Модели случайных графов. Модель Эрдёша-Реньи и её транспортная интерпретация. Эволюция случайного графа $G(n, p)$ при росте $p(n)$.

3. Модели Интернета. Наблюдения Барабаши-Альберт. Модель предпочтительного присоединения Б. Боллобаши и О. Риордан (динамическая и статическая модификации). Теорема о диаметре графа (без доказательства).

4. Модели Интернета. Пейджранк.

| ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю) | | | | |
|--|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Оценка | 2 | 3 | 4 | 5 |
| РО и соответствующие виды оценочных средств | (не зачтено) | (зачтено) | (зачтено) | (зачтено) |

| | | | | |
|---|--------------------------------------|--|---|---|
| Знания <i>Экзамен</i> | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| Умения <i>Практические задания</i> | 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 |
| Навыки (владения, опыт деятельности) <i>Экзамен, практические занятия</i> | 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

Основная литература

- 1) *Райгородский А. М.* Модели Интернета: учебное пособие. - Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013.

Дополнительная литература

- 1) *Гоппа В. Д.* Введение в алгебраическую теорию информации. – М. Наука. Физматлит. – 1995.
- 2) *Грекхэм Р., Кнут Д., Паташник О.* Конкретная математика. - М.: Мир, 1998.
- 3) *Шлезингер М., Главач В.* Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию. - К.: Наукова думка, 2004.
- 4) *Алон Н., Спенсер Дж.* Вероятностный метод. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
- 5) *Алскеров Ф. Т., Хабина Э. Л., Шварц Д. А.* Бинарные отношения, графы и коллективные решения. – М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ. – 2006. – 298 с.
- 6) *Баранов В. И., Стечкин Б. С.* Экстремальные комбинаторные задачи и их приложения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.
- 7) *Белов В. В., Воробьев Е. М., Шаталов В. Е.* Теория графов. - М.: Высшая школа, 1976.
- 8) *Воронин В. П.* Дополнительные главы дискретной математики. - М.: ф-т ВМК, 2002. (<http://padabum.com/d.php?id=10281>)
- 9) *Жуков А. Е., Жуков Д. А.* Элементы комбинаторики. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
- 10) *Ландо С. К.* Лекции о производящих функциях. - М.: МЦНМО, 2007.

- 11) *Левченко В. С.* Новые методы теории выбора: Учебное пособие. - М.: Издательский отдел ф-та ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2007.
- 12) *Мулен Э.* Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели. - М.: Мир, 1991.
- 13) *Нефедов В. Н., Осипова В. А.* Курс дискретной математики. М.: Изд-во МАИ, 1992.
- 14) *Николенко С. И.* Теория экономических механизмов. - М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2011.
- 15) *Райгородский А. М.* Модели случайных графов. - М.: МЦНМО, 2011.
- 16) *Сачков В. Н.* Вероятностные методы в комбинаторном анализе. - М.: Наука, 1978.
- 17) *Структурное распознавание образов. Учебно-методическое пособие для вузов. / Составитель Н. М. Новикова.* - Воронеж: Издат.-полиграфич. центр Воронежского государств. унив-та, 2008.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

Программное обеспечение для подготовки слайдов лекций MS PowerPoint, MS Word
Программное обеспечение для создания и просмотра pdf-документов Adobe Reader
В процессе обучения используются пакеты прикладных программ MATLAB, Maple, Scilab.

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Math-Net.Ru [Электронный ресурс] : общероссийский математический портал / Математический институт им. В. А. Стеклова РАН ; Российская академия наук, Отделение математических наук. - М. : [б. и.], 2010. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: <http://www.mathnet.ru>
2. Университетская библиотека Online [Электронный ресурс] : электронная библиотечная система / ООО "Директ-Медиа" . - М. : [б. и.], 2001. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.biblioclub.ru
3. Универсальные базы данных East View [Электронный ресурс] : информационный ресурс / East View Information Services. - М. : [б. и.], 2012. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: www.ebiblioteka.ru

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : информационный портал / ООО "РУНЭБ" ; Санкт-Петербургский государственный университет. - М. : [б. и.], 2005. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.

URL: www.eLibrary.ru

7.5. 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. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

10.

к.ф.- м.н., доцент Гуров Сергей Исаевич (sgur@cs.msu.ru)

10. Язык преподавания - русский.