

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 самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 21 декабря 2021 года No 1404.

**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» и другим направлениям подготовки бакалавриата.

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

<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>		
<b>Содержание и код компетенции.</b>	<b>Индикатор (показатель) достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций</b>
ПК-7. Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых субтехнологий искусственного интеллекта в прикладных областях	ПК-7.1. Руководит проектами в области сквозной цифровой субтехнологии «Компьютерное зрение» ПК-7.2. Руководит проектами в области сквозной цифровой субтехнологии «Обработка естественного языка» ПК-7.3. Руководит проектами в области сквозной цифровой субтехнологии «Рекомендательные системы и системы поддержки принятия решений»	ПК-7.1. З-1. Знает методологию и принципы руководства проектами по созданию, поддержке и использованию комплексных систем на основе аналитики больших данных со стороны заказчика ПК-7.1. З-2. Знает специфику сфер и отраслей, для которых реализуется проект по аналитике больших данных ПК-7.1. У-1. Умеет решать задачи по руководству коллективной проектной деятельностью для создания, поддержки и использования комплексных систем на основе аналитики больших данных со стороны заказчика ПК-7.1. У-2. Умеет выявлять небольшие по масштабу проекты аналитики, которые потенциально могут представлять интерес для ряда подразделений / служб или для организации в целом

		<p>ПК-7.1. У-3. Умеет выявлять области деловой деятельности, которые потенциально могут получить отдачу от аналитики</p> <p>ПК-7.2. У-1. Умеет включать описание варианта использования, описывать его контекст, проблемы, используемые подходы и методологию, инструменты, технологии и преимущества приложений аналитики больших данных в контексте деловой деятельности / процесса / продукта, на основе доступной из открытых источников информации</p> <p>ПК-7.2. У-2. Умеет определять стратегию деловой деятельности, включая приоритеты, направленность, цели и сроки, с учетом внутренних и внешних факторов</p> <p>ПК-7.2. У-3. Умеет документировать политику организации в области внедрения аналитики больших данных, её видение и приверженность ему, а также то, как аналитика больших данных создает возможности для заинтересованных сторон</p> <p>ПК-7.2. У-4. Рассматривает отрасль и вертикаль, являющиеся предметом делового интереса, и фильтрует вышеперечисленные данные</p> <p>ПК-7.3. З-1. Знает терминологию и последовательность мероприятий по безопасности и защите персональных данных при работе с большими данными</p> <p>ПК-7.3. У-1. Умеет проводить подготовку и планирование действий по текущему управлению безопасностью и защитой персональных данных при работе с большими данными</p> <p>ПК-7.3. У-2. Умеет проводить мониторинг, оценку и контроль действий по управлению безопасностью и защитой персональных</p>
--	--	---

		данных при работе с большими данными ПК-7.3. У-3. Умеет определять цели управления безопасностью и защитой персональных данных при работе с большими данными
--	--	--

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	
<b>Тема 1. Информационный подход в распознавании образов</b> Информация по Хартли Действие группы на множестве Измерение информации слов Группировка значений Методы теории информации в задачах распознавания.	15	10	4	1				8	

<p><b>Тема 2. Теория пересчета Пойа</b> Лемма Бёрнсайда Теорема Пойа Применение теоремы Пойа для решения комбинаторных задач</p>	<b>15</b>	10	4		1					<b>8</b>
<p><b>Тема 3. Структурный подход в распознавании образов</b> 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</p>	<b>22</b>	18	4		2					<b>22</b>
<p><b>Тема 4. Математика коллективных решений</b> Постановка проблемы Правила голосования Парадокс Эрроу Стратегическое поведение участников голосования</p>	<b>20</b>	16	2		2					<b>20</b>



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

<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
--------------	------------	-----------	-----------

**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 за мен. Оптимальное квантование данных.
5. Вычисление информативности признака по отношению к информационному вектору. Чистые классификаторы и чистые шумы. Информационная метрика  $\rho$  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 подхода. Методы предобработки объектов.
2. Методы предобработки 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)

<b>Знания</b> <i>Экзамен</i>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> <i>Практические задания</i>	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности неприципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> <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](http://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](http://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](http://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](mailto:sgur@cs.msu.ru))

10. Язык преподавания - русский.