**Бакалавриат**

**АННОТАЦИИ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ)**

**Направление подготовки 01.03.02 "Прикладная математика и информатика"**

**Направленность программы**

**Математические методы обработки информации и принятия решений**

**Кафедра Математических методов прогнозирования**

**3 курс**

### Уравнения математической физики

Постановки задач для уравнений параболического типа. Принцип максимума и его следствия. Метод разделения переменных. Уравнения Лапласа и Пуассона. Гармонические функции. Формулы Грина и их следствия. Основные методы решения краевых задач. Уравнение колебаний и постановка задач для уравнений гиперболического типа. Формула Даламбера и ее следствия. Метод разделения переменных. Задача с данными на характеристиках.

### Функциональный анализ

Излагаются начальные главы функционального анализа: теория меры и интеграл Лебега, банаховы и гильбертовы пространства, линейные операторы, теория Фредгольма, элементы спектральной теории.

**Вероятностные модели**

Целью освоениякурса «Вероятностные модели» является изучение принципов выбора математических моделей реальных явлений и процессов, протекающих в условиях стохастической неопределенности. Основной упор делается на описание асимптотических аппроксимаций и на энтропийный подход. Значительное внимание уделяется обсуждению условий применимости вероятностных моделей и, в частности, предельных теорем теории вероятностей. Обсуждаются обобщения классических предельных теорем на выборки случайного объема. В качестве примера к конкретным прикладным задачам строятся вероятностные модели процессов эволюции финансовых индексов.

**Методы машинного обучения**

Курс «Методы машинного обучения» посвящен современным методам предобработки и анализа данных, а также задачам прогнозирования вещественной переменной (регрессия), дискретной переменной (классификация). Также в курсе рассматриваются такие основные задачи обучения по прецедентам как кластеризация и понижение размерности. Изучаются методы их решения, как классические, так и новые, созданные за последние 10–15 лет. Рассматриваются продвинутые методы ансамблирования (XGBoost, CatBoost, стэкинг и т.д). Студентам также предлагается ознакомиться с байесовской теорией классификации. Упор делается на глубокое понимание математических основ, взаимосвязей, достоинств и ограничений рассматриваемых методов.

Программа курса предназначена для студентов уже знакомых с основами линейной алгебры, математического анализа, теории вероятности. Знание математической статистики, методов оптимизации и языка программирования Python желательно, но не обязательно.

**Методы оптимизации**

Для задач оптимизации в гильбертовом пространстве обсуждаются вопросы существования оптимальных решений, необходимые и достаточные условия оптимальности в форме вариационного неравенства и правила множителей Лагранжа. Рассматриваются основные итерационные методы приближённого решения задач оптимизации: градиентные, Ньютона, штрафов, а также симплекс-метод решения задач линейного программирования; исследуются свойства их сходимости. Излагаются основы теории двойственности, а также основные идеи, формулировки и схемы применения принципа максимума Л. С. Понтрягина к задачам оптимального управления и метода регуляризации А. Н. Тихонова к некорректно поставленным задачам оптимизации.

**Оптимальное управление**

Годовой курс оптимальное управление читается в 5-м и 6-м семестрах.

В 5-м семестре исследуется линейная задача быстродействия.С помощью аппарата опорных функций исследуются классические вопросы оптимального управления: управляемость, теорема существования оптимального управления, необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума Л.С. Понтрягина, достаточные условия оптимальности. Полученные результаты применяются для исследования линейной задачи оптимального управления с терминальным функционалом и свободным правым концом.

В 6-м семестре изучается нелинейная задача оптимального управления с интегральным функционалом. Формулируется и доказывается теорема о необходимых условиях оптимальности с привлечением техники вариаций Макшейна. На примере нелинейной задачи быстродействия подробно изучаются идеи метода динамического программирования. Рассматриваются различные примеры задач оптимального управления, включая задачи с особыми режимами и задачи на бесконечном промежутке времени.

**Основы кибернетики**

Курс «**Основы кибернетики**» (ранее «Элементы кибернетики»), создателем и основным лектором которого был чл.-корр. РАН С.В. Яблонский, читается на факультете ВМК с первых лет его существования. Он является продолжением курса «Дискретная математика» и посвящён изложению основных моделей, методов и результатов математической кибернетики, связанных с теорией дискретных управляющих систем (УС), с задачей схемной или структурной реализации дискретных функций и алгоритмов.

В нём рассматриваются различные классы УС (классы схем), представляющие собой дискрет­ные математические модели различных типов электронных схем, систем обработки информации и управления, алгоритмов и программ. Для базовых классов УС (схем из функциональных элементов, формул, контактных схем, автоматных схем), а также некоторых других типов УС, ставятся и изучаются основные задачи теории УС: задача минимизации дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ), задача эквивалентных преобразований и структурного моделирования УС, задача синтеза УС, задача повышения надёжности и контроля УС из ненадёжных элемен­тов и др. В программу курса входят классические результаты К. Шеннона, С.В. Яблонского, Ю.И. Журавлева и О.Б. Лупанова, а также некоторые результаты последних лет. Показывается возможность практического применения этих результатов на примере задачи проектирования СБИС, которые составляют основу программно-аппаратной реализации алгоритмов.

**Статистическая физика**

Курс посвящен введению в статистическую физику, изучающую основные закономерности поведения макроскопических сред, т.е. тел, состоящих из огромного числа отдельных частиц – атомов и молекул. Курс включает разделы термодинамики, молекулярной физики и статистической физики. Основное внимание уделяется изучению равновесных процессов: начала термодинамики, основные распределения статистической физики, энтропия, термодинамические потенциалы, статистическая сумма, реальные газы. Заключительная часть курса посвящена изложению теории флуктуаций и основ физической кинетики.

**Математические методы распознавания образов**

Курс посвящен алгоритмам машинного обучения, которые сами настраиваются на известных данных, выделяя их характерную структуру и взаимосвязи между ними, для их прогнозирования, анализа, компактного описания и визуализации. Основной акцент курса сделан на задачах предсказания дискретных величин (классификация) и непрерывных величин (регрессия), хотя в курсе также рассматриваются смежные области - эффективное снижение размерности пространства, выделение наиболее значимых признаков для предсказания, методы оценивания и сравнения вероятностных распределений, рекомендательные системы и планирование экспериментов.

Курс сопровождается семинарами, раскрывающими дополнительные темы курса и отрабатывающими навыки практического применения рассматриваемых методов. Практическое использование методов машинного обучения в основном будет вестись с использованием языка Python и соответствующих библиотек для научных вычислений.

**Экономика**

**Целью дисциплины** является формирование у студентов экономического мышления и целостного представления о процессах и явлениях хозяйственной жизни, ее проблемах и способах их решения.

**Задачи:**

* познакомить студентов с базовыми экономическими категориями и институтами;
* показать закономерности экономического развития;
* раскрыть особенности поведения фирмы и домашнего хозяйства в условиях современной смешанной экономики;
* познакомить студентов с основами грамотного финансового поведения;

показать необходимость и задачи государственного регулирования в условиях открытой экономики.

**Численные методы**

Данный курс направлен на развитие навыков у студентов в решении типовых задач алгебры, математического анализа, обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Рассматриваются те методы, которые выдержали испытание практикой и применяются для решения реальных прикладных задач. Устанавливаются связи между различными разделами математики и численными методами. Теоретический материал иллюстрируется на лекциях примерами с результатами расчетов.

**Случайные процессы**

В рамках данного курса рассматриваются основные модели теории случайных процессов такие как цепи Маркова с дискретным и непрерывным временем, корреляционная теория случайных процессов, стохастический интеграл, линейные стохастические дифференциальные уравнения, стационарные процессы. Более подробно исследованы свойства винеровского и пуассоновского процессов. Во второй части курса рассмотрены некоторые прикладные задачи теории случайных процессов: линейные преобразования стационарных процессов и задачи о наилучшей линейной оценки (прогноз и фильтрация).

**Обработка и распознавание изображений**

Курс посвящен изучению математических методов распознавания образов, используемых для анализа и классификации изображений в системах компьютерного зрения. Отличительные особенности этого класса задач распознавания определяются структурой исходных данных – цифровых изображений, имеющих вид матриц цвета и яркости точек. Эти особенности сказываются в основном на генерации признаковых описаний объектов, а также на построении метрик в пространстве образов. Также особенностью современных задач обработки и распознавания изображений являются большие объемы данных и высокие требования к вычислительной эффективности алгоритмов для работы в реальном времени. Все разделы курса излагаются с учетом этих особенностей.

Курс включает следующие разделы:

1) Базовые понятия теории распознавания образов и их особенности применительно к распознаванию изображений;

2) Методы обработки изображений для построения признаковых описаний – точечные, пространственные, алгебраические, геометрические и межкадровые операции над изображениями;

3) Методы генерации признаков на основе линейных преобразований изображений –Карунена-Лоэва, Фурье, вейвлетов;

4) Методы генерации признаков формы объектов в изображениях на основе операций математической морфологии, построения границ и скелетов;

5) Построение метрик для сравнения формы объектов изображений;

6) Распознавание изображений с использованием сверточных нейронных сетей.

Кроме лекций по теории и методам распознавания изображений слушателям предлагается в рамках курса выполнить две лабораторные работы по решению практических задач.

**Прикладная алгебра**

Первая (вводная) часть курса «Прикладная алгебра» для студентов кафедры ММП посвящена введению в высшую алгебру и алгебраическую теорию кодирования. В ней рассматриваются основные алгебраические структуры: группы, кольца, поля. Центральная роль отведена конечным полям, приводится классический пример их приложений — построение кодов, исправляющих ошибки. Курс поддерживается семинарскими занятиями, на которых решаются задачи, и попутно рассматриваются дополнительные вопросы, не отражённые в лекциях. По теме кодирование несколько лекций играют роль семинаров, поскольку на них подробно излагаются методы решений прикладных задач кодирования. Предусмотрены коллоквиумы по курсу, а также письменные контрольные на знание терминологии и схем доказательств. Основная цель всех этих разработок — постоянный контроль знаний и стимулирование студентов к плотному графику обучения в течение всего семестра.

**Дискретная оптимизация**

Целью освоения дисциплины является весьма полное ознакомление слушателей с основными моделями и методами дискретной оптимизации и их приложениями. Наряду с традиционными разделами, курс содержит информацию о некоторых современных направлениях развития этой науки. Главное внимание уделено методам построения моделей дискретной оптимизации и систематическому изложению наиболее ярких и ценных алгоритмов их реализации. Весьма полно освещен аппарат алгоритмов «на графах», и приемов их получения. Транспортные, компьютерные сети, сети связи удобно представлять графами, поэтому для исследования операций, связанных с такими задачами, аппарат исследования с помощью теории графов является одним из наиболее перспективных.

**4 курс**

**Математические модели в экономике**

Цель данного курса - познакомить слушателей с различными математическими моделями в экономике такими, как модель межотраслевого баланса, модель экономического планирования и оптимального экономического роста, модель конкурентного равновесия, а также с некоторыми разделами математики такими, как теория неотрицательных матриц и её приложения в экономике.

**Теория игр и исследование операций**

Курс разбит на три части. В первой излагается теория антагонистических игр, теоремы существования седловых точек, свойства оптимальных смешанных стратегий, методы решения матричных и выпуклых непрерывных игр в смешанных стратегиях, приводятся классические модели игр («нападение-оборона» и дуэли), рассматриваются многошаговые игры с полной информацией. Во второй части рассматриваются неантагонистические игры двух и многих лиц. Основные ее разделы: существование и методы поиска ситуаций равновесия ( в том числе в смешанных стратегиях для биматричных игр), оптимальные стратегии игрока-лидера в иерархических играх двух лиц. В третьей части рассматривается теория принятия решений: многокритериальная оптимизация, ядра бинарных отношений, общая модель операции и подход к ее исследованию на основе принципа гарантированного результата, необходимые условия для оптимальных стратегий и некоторые задачи оптимального распределения ресурсов.

### Дополнительные главы дискретной математики и кибернетики

Курс состоит из четырех частей. В первой части излагаются основы теории функций многозначной логики. Доказываются критерии полноты и устанавливается ряд существенных отличий функций многозначной логики от булевых функций. Во второй части изучаются ограниченно – детерминированные (автоматные) функции. Основное внимание уделяется способам задания автоматных функций : деревьями, каноническими уравнениями, диаграммами Мура и схемами из автоматных элементов. Третья часть посвящена машинам Тьюринга и вычислимым функциям. Доказывается вычислимость частично рекурсивных функций. В четвертой части доказывается теорема Форда и Фалкерсона о максимальном потоке в сети.

**Базы данных**

Курс начинается с рассмотрения основных понятий систем управления базами данных (СУБД). Выделяются ключевые отличия СУБД от файловой системы и основные черты таких дореляционных моделей данных как иерархическая, сетевая и модель данных инвертированных таблиц. Далее рассматривается реляционная модель данных (включая механизмы манипулирования) и теория проектирования реляционных БД на основе процедуры нормализации. После этого описывается процесс проектирование БД с использованием диаграмм «сущность-связь» и диаграмм классов языка UML и рассматриваются постреляционные модели данных: объектно-ориентированная модель, объектно-реляционные расширения SQL, "истинная" реляционная модель. В рамках курса также рассматриваются базовые средства языка SQL для определения и изменения схемы базы данных, выборки и модификации данных, авторизации доступа и управления транзакциями.

**Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных**

Данный курс ориентирован на получение базовых знаний и практических навыков в области параллельных вычислений, методов параллельной обработки данных, технологий параллельного программирования и суперкомпьютерных технологий. Материал иллюстрируется примерами суперкомпьютерных систем и технологий, где параллелизм проявляется особенно ярко. Вместе с этим, показывается исключительно важная роль суперкомпьютерных систем как неотъемлемой части формируемой цифровой экономики. В процессе изложения рассматриваются три составные части параллельных вычислений: архитектуры параллельных вычислительных систем, технологии параллельного программирования и информационная структура программ и алгоритмов, и показывается тесная связь этих частей между собой.

**Лингвистическая культура**

Целью освоения дисциплины является ознакомление студентов с лингвострановед-ческой культурой как важной частью подготовки современных специалистов. Профессиональная подготовка специалистов включает совершенствование переводческих навыков, которые невозможны без знаний специфических социокультурных условий функционирования иностранного языка. Лингвистическая культура является неотъемлемой частью переводческого профессионализма и делового общения.

**Байесовские методы машинного обучения**

Изучение дисциплины нацелено на освоение т.н. байесовского подхода к теории вероятностей как одного из последовательных способов математических рассуждений в условиях неопределенности. В байесовском подходе вероятность интерпретируется как мера незнания, а не как объективная случайность. Простые правила оперирования с вероятностью, такие как формула полной вероятности и формула Байеса, позволяют проводить рассуждения в условиях неопределенности. В этом смысле байесовский подход к теории вероятностей можно рассматривать как обобщение классической булевой логики.

Целью курса также является освоение студентами основных способов применения байесовского подхода при решении задач машинного обучения. Байесовский подход позволяет эффективно учитывать различные предпочтения пользователя при построении решающих правил прогноза. Кроме того, он позволяет решать задачи выбора структурных параметров модели. В частности, здесь удается решать без комбинаторного перебора задачи селекции признаков, выбора числа кластеров в данных, размерности редуцированного пространства при уменьшении размерности, значений коэффициентов регуляризации и проч.

Предполагается, что в результате освоения курса студенты будут способны строить комплексные вероятностные модели, учитывающие структуру прикладной задачи машинного обучения, выводить необходимые формулы для решения задач обучения и вывода в рамках построенных вероятностных моделей, а также эффективно реализовывать данные модели на компьютере.

**Прикладная алгебра**

Курс «Прикладная алгебра-II» направлен на изучение современных алгебраических структур, их свойств и методов их применения при решении практических задач. Этот курс углубляет и обобщает сведения, полученные студентами при изучении алгебры и дискретной математики в рамках дисциплин, изучаемых ранее. Данная дисциплина является важным звеном в цепи учебных курсов преподаваемых будущим математикам. Знание общих алгебраических объектов позволит сформировать у студентов адекватное представление современных состоянии исследований в данной области математики. В рамках изучаемой дисциплины рассмотрены основные алгебраические структуры, разработанные в отечественных и в зарубежных научных школах и последние достижения в их изучении. В ходе изучения дисциплины вводимые понятия и утверждения, как доказываемые иллюстрируются большим количеством примеров.

В результате освоения дисциплины студент должен знать определения изучаемых объектов и структур, доказательства основных их свойств, примеры их применения при решении практических задач; уметь оценивать возможность применения изученных математических объектов для решения практических задач, адаптировать и развивать изученные алгебраические системы применительно к конкретным исследуемым областям исследования; приобрести опыт доказательств свойств изученных математических объектов.

### Пакеты прикладных программ

Курс посвящен обзору современного математического программного обеспечения, применяемого в математических исследованиях. Излагаются основные возможности пакетов, их технические характеристики, примеры использования в различных областях математики.

**Нейробайесовские методы**

Курс посвящен изучению различных математических методов, основанных на комбинировании байесовского подхода и нейронных сетей. Во-первых, обсуждаются вопросы вероятностного моделирования для построения сложных порождающих моделей данных, внутри которых используются глубокие нейронные сети. В частности, рассматриваются модели вариационного автокодировщика, нормализующих потоков и генеративно-состязательных сетей. Во-вторых, обсуждается моделирование неопределённости в параметрах нейронных сетей для задач автоматического подбора архитектуры нейронных сетей, построения ансамблей и проч. Кроме того, рассматриваются некоторые открытые проблемы глубинного обучения.

**Прикладной статистический анализ данных**

В курсе рассматривается широкий класс понятий и методов прикладного статистического анализа данных, включая методы оценивания взаимосвязи непрерывных и бинарных переменных, методы точечного и интервального оценивания параметров вероятностных распределений. Рассматриваются разнообразные статистические критерии, предназначенные для сравнения оценки достоверности зависимостей, оценка соответствия эмпирических распределений предполагаемым вероятностным распределениям, оценка статистической значимости независимых групп наблюдений. При этом уделяется внимание как параметрическим тестам, основанным на гипотезе о нормальности, так и непараметрическим критериям, основанным в том числе на асимптотических аппроксимациях, а также перестановочным тестам. Большое внимание уделяется также вопросу коррекции значимости с целью учёта множественного тестирования. Значительное внимание в курсе уделяется также методам анализа временных рядов, включая вопросы, связанные с их стационарностью, а также методы прогнозирования временных рядов в рамках модели ARIMA. Анализируются проблемы, возникающие при построении регрессионных моделей, связывающих переменные многомерных временных рядов, рассматриваются основы концепции причинности по Грэйнджеру. Целью курса является ознакомление слушателей с современными методами статистического анализа. Предполагается, что слушатели будут ориентироваться в вопросах применимости рассмотренных в курсе статистических методов анализа данных и связанных с ними ограничениях.