Приложение 3

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)

Аннотации курсов по выбору обучающихся

Направление подготовки
010200 – Математика и компьютерные науки

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Новосибирск 2014

Оглавление

Общая характеристика альтернативных курсов

Курсы по выбору обучающихся (альтернативные курсы) входят в вариативную часть блока «Дисциплины (модули)» ООП магистратуры по направлению 010200 – Математика и компьютерные науки.

Альтернативные курсы профессиональной направленности изучаются студентами магистратуры на кафедрах специализации. Учебным планом предусмотрено посещение трех годовых спецкурсов трудоемкости 4 зачетные единицы в течение всего срока магистратуры. Допускается посещение разбиение годовых спецкурсов на полугодовые. Спецкурсы направлены на развитие компетенций ОК-4, ОК-5, ОК-10, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Кроме того, каждый студент магистратуры должен посещать научный семинар по тематике исследований в течение всего срока обучения в магистратуре, итого: 2 годовых спецсеминара, трудоемкость 8 зачетных единиц, направлен на развитие компетенций ОК-1-8,10, ПК-1,2,4,5,6. Форма промежуточной аттестации – зачет в конце каждого семестра.

Выбор спецкурсов и спецсеминаров осуществляется студентом в согласовании с научным руководителем и руководством кафедры.

Студенты могут посещать альтернативные курсы в объемах, превышающих указанные в учебном плане. Дисциплины (разделы дисциплин), прослушанные и сданные сверх плана засчитываются в качестве факультативов.

Курсы кафедры алгебры и математической логики

Конечномерные алгебры Ли и их представления
Составитель программы: д.ф.-м.н. П.С. Колесников

Курс предназначается для студентов 2-4 курса, магистрантов и аспирантов ММФ.
Целью курса является изучение структурной теории конечномерных алгебр Ли над алгебраически замкнутом полем харктеристики ноль и их конечномерных представлений. Особое внимание уделяется изложению методов работы с линейными оперторами, действующими на конечномерных векторных пространствах, а также изложению методов работы с нильпотентыми, разрешемыми, полупростыми алгебрами Ли. Приобретаемые знания и умения расширяют математическую эрудицию и создают условия для углубленного изучения различных направлений в математики и физики.

<u>Содержание курса:</u>
1. Определение и примеры алгебры Ли. Задание алгебры Ли тождествами. Алгебры Ли дифференцирований. Полная линейная алгебра Ли и её основные подалгебры.
2. Описание алгебр Ли малых размерностей. Изучение трехмерной простой алгебры Ли sl(2,F). Понятие представления алгебры Ли.
3. Понятие идеала алгебры Ли. Гомоморфизмы алгебр Ли. Основные теоремы о гомоморфизмах. Присоединенное представление алгебры Ли и его основные свойства. Центр алгебры Ли. Автоморфизмы алгебры Ли и их связь с дифференцированиями.
4. Изучение представлений разрешимых и нильпотентных алгебр Ли. Радикал алгебры Ли. Теоремы Энгеля о нильпотетности алгебры Ли с нильпотентным присоединенным представлением. Теорема Ли о существовании общего собственного вектора для разрешимой алгебры Ли линейных преобразований. Связь разрешимых и нильпотентных алгебр Ли с треугольными и верхнетреугольными матрицами. Изучение центра нильпотентной алгебры Ли. Квадрат разрешимой алгебры Ли.
5. Изучение полупростых и нильпотентных операторов, действующих в конечномерном векторном пространстве. Теорема Жордана-Шевалле о разложенении линейного оператора на полупростую и нильпотетную части. Изучение полупростой и нильпотентной частей в разложении Жордана-Шевалле дифференцирования конечномерной алгебры. Критерий Картана о разрешимости алгебры Ли в терминах следов эндоморфизмов.
6. Изучение полупростых алгебр Ли: форма Киллинга и ее основные свойства, критерий полупросты алгебры Ли в терминах формы Киллига, разложение полупростой алгебры Ли в прямую сумму простых подалгебр,

дифференцирования полупростой алгебры Ли, абстрактное разложение Жордана.
7. Представления алгебр Ли: определения представления алгебры Ли, элемент Казимира данного представления, модули над алгебрами Ли и их связь с представлениями, теорема Вейля о полной приводимости, совпадение обычного разложения и абстрактного разложения Жордана для полупростых подалгебр полной линейной алгебры Ли.
8. Изучение торических подалгебр, корневое разложние алгебры Ли относительно торической подалгебры, множество корней относительно торической подалгебры, торические подалгебры алгебр Ли sl(2,F) и sl(3,F).
9. Изучение свойств централизатора торической подалгебры, абстрактное разлоржение Жордана элементов из централизатора торической подалгебры, невырожденность формы Киллинга на торической подалгебре, абелевость цетрализатора торической подалгебры, совпадение торической подалгебры с ее централизатором.
10. Изучение свойств корневого разложения, представление корней в виде функционалов, заданных на торической подалгебре, соответствие между корнями полупростой алгебры Ли и корнями sl(2,F), одномерность корневых подпространств, свойства рациональности корневого разложения, сведение к корневым системам в евклидовых пространствах.
11. Изучение системы корней, определения и основные свойства системы корней, простые корни, фундаментальная система корней и ее основные свойства, числа Картана и матрица Картана, однозначность задания системы корней ее матрицей Картана, неприводимые системы корней, связь между неприводимостью системы корней и ее фундаментальной системы, высота корня и единственность корня максимальной высоты.
12. Классификация системы корней, алгоритм востановления системы корней по матрице Картана, построение графов Кокстера по системе корней, схемы Дынкина, классификация неприводимых систем корней.
13. Изучение свойств картановских подалгебр: энгелевы подалгебры и их основные свойства, определение картановской подалгебры, связь между картановскими подалгебрами и энгелевыми подалгебрами, картановские и торические подалгебры в полупростых алгебрах Ли, сопряженность картановских подалгебр.
14. Доказательство леммы Уайтхеда и теоремы Леви.

Теория групп
Автор: Храмцов Дмитрий Геннадьевич, к.ф.-м.н., н.с. ИМ СО РАН

Специальный курс «Теория групп» предназначен для освоения студентами и магистрантами механико-математического факультета НГУ основ теории групп, необходимых для применения как в собственно теории групп, так и в других разделах алгебры, топологии, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и других математических дисциплинах, а также расширению их теоретического кругозора и созданию предпосылок для самостоятельной научной работы в области теории групп.
В первой части, данный курс знакомит студентов, изучавших стандартный университетский курс алгебры с базисными понятиями теории групп. В их число входят: понятие группы, подгруппы, множества порождающих группы, основные классы групп. порядок элемента группы, смежные классы по подгруппе, индекс подгруппы, нормальная подгруппа и факторгруппа, гомоморфизм, изоморфизм, конструкции прямого и декартова произведений групп, прямого и декартова сплетений групп, автоморфизмы и эндоморфизмы групп, действия групп на множествах.
Значительное внимание уделяется самостоятельному практическому решению задач начального уровня, существенно повышающему эффективность усвоения теоретического материала. Важным шагом в обучении является освоение методологических азов работы с базовыми понятиями теории групп и приобретение начальных практических навыков .
Во второй части на базе освоенных концепций и понятий идёт изучение основных методов теории групп, аспектов строения и свойств основных классов групп, таких, как силовская теория и подстановочные представления конечных групп, структурная теория нильпотентных групп и структурная теорема для конечных нильпотентных групп, структурная теорема для конечных разрешимых групп, основные результаты элементарного уровня о периодических группах. Целью данной части является существенное расширение теоретического кругозора, приобретение обучающимися фундаментального образования в основных областях теории групп, позволяющего в дальнейшем специализироваться в одной из них.
Третья часть содержит базисные сведения об объектах и методах современной комбинаторной и геометрической теории групп, берущих начало в алгебраической топологии и геометрии, таких как техника групп, действующих на деревьях, техника накрывающих отображений клеточных комплексов, фундаментальных групп. Данная часть основной целью имеет знакомство обучающихся с современным состоянием исследований в данной области и создание предпосылок для самостоятельной работы в ней. Теоретический материал второй и третьей частей сопровождается достаточным количеством практических упражнений различной сложности для самостоятельного решения.

<u>Содержание курса:</u>

1. Понятие группы, аксиомы, примеры: циклические группы, линейные группы, группы подстановок, группы симметрий, квазициклические группы, группы кватернионов, фундаментальные группы топологических пространств
2. Подгруппы, подгруппы, порождённые множеством элементов. Порождающие и непорождающие элементы групп. Подгруппа Фраттини. Подгруппы Фраттини циклических, симметрических, квазициклических групп, группы рациональных чисел.
3. Порядок элемента группы. Смежные классы по подгруппе, индекс подгруппы. Теорема Лагранжа.
4. Нормальная подгруппа и факторгруппа. Простая группа, простота знакопеременной группы
5. Сопряжение в группе, классы сопряжённых элементов в симметрических и линейных группах. Нормализатор и централизатор множества элементов группы
6. Гомоморфизм, изоморфизм, теоремы о гомоморфизмах
7. Конструкции прямого и декартова произведений групп, внешнее и внутреннее определения. Поддекартовы произведения групп, теорема Ремака.
8. Субнормальный и нормальный ряды в группе, секция группы. Полициклические группы. Теоремы Шрайера и Гёльдера об уплотнениях рядов в группах.
9. Автоморфизмы и эндоморфизмы групп. Автоморфизмы циклических групп, группы рациональных чисел. Характеристические подгруппы. Внешние автоморфизмы.
10. Расширения посредством групп автоморфизмов, голоморф. Совершенные группы, башня автоморфизмов.
11. Критерий совершенности группы автоморфизмов. Конструкции прямого и декартова сплетений групп, теорема Фробениуса, теорема Смирнова-Баумслага
12. Действие группы на множестве. Орбиты, стабилизаторы точек, неподвижные точки элементов. Ядро действия, точные и регулярные действия. смежные классы по стабилизатору элемента, мощности фактор множества. Примитивность и транзитивность, блоки.
13. Подстановочное представление группы, степень представления. Теоремы о подстановочных представлениях.
14. Точные представления степени шесть симметрической группы на пяти элементах. Теорема об индексе примитивной подгруппы симметрической группы.
15. Нильпотентные группы. Верхний и нижний центральный ряды в группе. Нильпотентность конечных p-групп
16. Тождество нильпотентности. Факторы и подгруппы нильпотентных групп. Коммутаторные тождества.
17. Теоремы о нильпотентных группах: подгруппа Фраттини, подгруппа элементов конечного порядка, нильпотентные группы без кручения и

извлечение корней, факторы верхнего центрального ряда нильпотентных групп без кручения
18. Теорема Фиттинга и подгруппа Фиттинга. Конечные нильпотентные группы, теоремы Бернсайда - Виланда и Фраттини.
19. Конечнопорождённые нильпотентные группы без кручения.
20. Разрешимые группы. Тождество разрешимости. Холловы подгруппы конечных разрешимых групп, теорема Холла
21. Разрешимые группы. Теорема Миллера-Морено.
22. Свободные группы. Несократимые слова над алфавитом, конкатенация, свободный базис. Представления групп в терминах порождающих и определяющих соотношений.
23. Эквивалентность конечных представлений, преобразования Тице и теорема Тице.
24. Фундаментальные группы графов. Морфизмы и накрытия графов. Теорема об антиизоморфизме решётки подгрупп свободной группы и множеством накрытий графа
25. Ранг фундаментальной группы и эйлерова характеристика графа. Реализация подгруппы через накрытие. Подгруппы свободных групп. Подгруппы свободных групп конечного индекса
26. Клеточные 2-комплексы, представления их фундаментальных групп.
27. Триангуляция и барицентрическое продразбиение. Теорема о накрытиях 2-комплексов.
28. Переписывающий процесс Райдемастера – Шрайера.
29. Конструкция свободного произведения с объединением и свободного расширения групп. Несократимая и нормальная форма записи элемента.
30. Граф групп, фундаментальная группа графа групп. Комплекс Кэли графа групп.
31. Действие фундаментальной группы графа групп на дереве Басса – Серра.
32. Действия групп на деревьях, фундаментальная область, теорема Макбета.
33. Представление группы, действующей на дереве, в виде фундаментальной группы графа групп
34. Подгруппы фундаментальных групп графов групп.

Теория колец
Руководитель: Пожидаев Александр Петрович, к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. ИМ СО РАН

Курс ставит своей целью усвоение студентами понятий, связанных с основами теории колец, овладение студентами Механико-Математического факультета основами теории колец, необходимыми для применения в других математических дисциплинах. Основной целью освоения дисциплины является знание основ классической теории колец.
Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:
1) освоение теории радикала Джекобсона и строения полупростых артиновых колец;
2) освоение основ теории модулей над полупростыми артиновыми кольцами,
3) изучение основ PI-алгебр и алгебраических алгебр;
4) освоение комбинаторных методов теории колец;
5) освоение элементов гомологической алгебры.
Задачи 1)-2) осваиваются в первом семестре курса, а 3)-5) – во втором.

<u>Содержание курса:</u>
1. Модули. Точные и неприводимые модули. Централизатор кольца. Лемма Шура. Характеризация точных и неприводимых модулей.
2. Радикал Джекобсона. Регулярный идеал. Различные характеризации радикала Джекобсона.
3. Артиновы кольца. Теорема Гопкинс. Леммы об идемпотентах.
4. Полупростые артиновы кольца.
5. Теорема Машке. Теорема о единице полупростого артиного кольца.
6. Теорема Веддербарна
7. Примитивное кольцо. Теорема плотности.
8. Теорема о дважды транзитивном кольце.
9. Теорема о примитивном кольце.
10. Первичные кольца. Центроид кольца
11. Теорема Веддербарна-Артина
12. Алгебраические алгебры
13. Подпрямая сумма. Подпрямо неразложимые кольца
14. Теоремы коммутативности
15. Теорема Веддербарна о конечном теле
16. Простые алгебры. Тензорное произведение алгебр. Группа Брауэра
17. Максимальные подполя
18. Модули над полупростыми артиновыми кольцами
19. Теорема Нетер-Сколема
20. Дифференцирования простых алгебр
21. Теорема Фробениуса
22. Теорема о двойном централизаторе
23. PI-алгебры
24. Теорема Капланского

25.Проблема Куроша для PI-алгебр
26.Лемма Ширшова
27.Теорема Ширшова о высоте
28.Теоремы Капланского и Левицкого
29.Левое кольцо частных. Теорема Оре
30.Кольцо Голди. Теоремы Голди
31.Теорема Познера
32.Теорема Голода-Шафаревича
33.Элементы гомологической алгебры.
34.Проективные и инъективные модули. Критерий Бэра.

Алгебра-3
Руководитель: Колесников Павел Сергеевич, д.ф.-м.н., зав.лаб. ИМ СО РАН

Специальный курс «Алгебра-3» имеет своей целью расширение базовых знаний учащихся о строении различных классов алгебраических систем (в частности, решеток, булевых алгебр, групп, колец и полей), а также о методах, применяемых в этих областях алгебры. Особое внимание уделяется созданию целостной картины предмета, в которой унифицируются основные методы, применяемые в теориях различных классов алгебраических систем. Приобретаемые знания и умения расширяют математическую эрудицию и создают условия для углубленного изучения различных разделов алгебры: теории групп, теории ассоциативных и неассоциативных колец, универсальной алгебры. Для достижения этих целей выделяются задачи курса:

- изучение общих понятий алгебраической системы, гомоморфизма, оператора замыкания на множестве, свободной алгебры, тождества и многообразия;
- изучение решеток: строение дистрибутивных решеток, теоремы о вложении дистрибутивной решетки в решетку множеств, модулярных решётки, композиционных рядов, прямых разложений в модулярных решетках, алгебраических решеток;
- изучение булевых алгебр: теоремы Стоуна о строении конечно-порожденных булевых алгебр, фильтров и ультрафильтров на булевых алгебрах, булевых топологических пространств, двойственности Стоуна;
- изучение свободных (полу)групп и колец: конструкций свободной группы и свободного моноида, определяющих соотношений для полугрупп, переписывающих правил, леммы о ромбе (Diamond lemma);
- изучение свободной группы как образа свободной полугруппы, определяющих соотношений для групп, HNN-расширений групп, теоремы Нильсена — Шрайера;
- построение свободных некоммутативного кольца и алгебры над полем, изучение определяющих соотношений для колец и алгебр;
- изучение основ теории представлений групп: действия группы на множестве, линейных представлений групп, неприводимых представлений, характеров представлений групп, соотношений ортогональности, регулярного характера, вычисление таблиц характеров неприводимых представлений для групп S4, Dn и A5;
- изучение основ теории представлений колец и алгебр: понятия модуля над ассоциативными кольцами и алгебрами, артиновы и нётеровы кольца и модули, строение конечно-порожденных абелевых групп, радикал кольца, строение полупростых артиновых колец. Понятие тензорного произведения простых центральных алгебр, теоремы Фробениуса и Веддерберна (о конечном теле);
- изучение основ теории алгебр Ли: полупростота, разрешимость, нильпотентность, теоремы Энгеля, Ли и Мальцева. Понятие универсальной обертывающей и теорема Пуанкаре — Биркгофа — Витта.

Линейные алгебраические группы
Руководитель: Вдовин Е.П., д.ф.-м.н., ИМ СО РАН

Специальный курс «Линейные алгебраические группы» предназначен для того, чтобы студенты механико-математического факультета овладели основами теории линейных алгебраических групп и связанных с ними конечных групп лиева типа, необходимыми для применения в других разделах теории групп.
Основной целью освоения дисциплины является знание основ линейных алгебраических групп и конечных групп лиева типа. Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:
- классификация абстрактных корневых систем и смежные вопросы,
- освоение основ топологии Зарисского,
- построение простых алгебраических групп над алгебраически замкнутым полем произвольной характеристики,
- изучение автоморфизмов и эндоморфизмов линейных алгебраических групп,
- доказательство теоремы Ленга-Стейнберга и построение конечных групп лиева,
- изучение подгруппового строения конечных групп лиева типа методами алгебраических групп.

Содержание курса:
1. Простые алгебры Ли над C. Форма Киллинга, подалгебра Картана и корневые подалгебры. Системы корней и структурные константы, теорема об изоморфизме.
2. Введение в алгебраическую геометрию. Аффинные многообразия, топология Зарисского. Произведение аффинных многообразий. Проективные многообразия, открытые аффинные подмножества. Произведение проективных многообразий. Полные многообразия. Касательные пространства.
3. Базовые структурные результаты об алгебраических группах. Понятие алгебраической группы, простейшие свойства. Теорема о порождении замкнутыми связными подмножествами. Действие алгебраической группы на многообразии, существование замкнутых орбит. Алгебра Ли, разложение Жордана для групп и алгебр. Сопряженность борелевских подгрупп.
4. Максимальные торы, разрешимые группы, корневые системы. Диагонализируемые группы и их характеры. Торы, действие максимального тора на унипотентном радикале подгруппы Бореля. Одномерные T-инвариантные унипотентные подгруппы.
5. Разложение Брюа, параболические подгруппы, централизаторы торов. Параболические подгруппы, разложение Брюа. Централизаторы торов, подгруппы Бореля в централизаторах торов.
6. Строение редуктивных, полупростых и простых алгебраических групп. Их автоморфизмы. Структурные теоремы по редуктивных, полупростых и простых алгебраических группах. Теорема об изоморфизме.
7. Автоморфизм Фробениуса и его свойства. Теорема Ленга-Стейнберга. Группы лиева типа. Определение автоморфизма Фробениуса σ. Построение

групп σ-неподвижных точек для простых линейных алгебраических групп. Теорема Ленга-Стейнберга. Подгруппа Бореля, параболические подгруппы, редуктивные подгруппы и торы в конечных группах лиева типа. Связь между классами сопряженности.

8. Простота групп лиева типа и их порядки. Теорема о простоте конечных групп лиева типа. Порядки σ-неподвижных точек параболических и редуктивных подгрупп. Порядки конечных групп лиева типа.

9. Подгруппа Бореля, параболические подгруппы, разложение Брюа. Автоморфизмы конечных групп лиева типа. Разложение Брюа в конечных группах лиева типа. Теорема об автоморфизмах простых конечных групп лиева типа.

Спецсеминары кафедры алгебры и математической логики

1. Алгебра и логика

Исследовательский семинар, на котором докладываются оригинальные работы в области алгебры и математической логики. Работы, которые докладывались на семинаре, могут быть опубликованы в одноименном журнале. Семинар работает с 1960 года. Подробности и расписание заседаний можно найти по адресу http://math.nsc.ru/~alglog/alglogf.html

2. Теория групп

Исследовательский семинар, на котором докладываются оригинальные работы в области теории групп. Подробности можно найти по адресу http://math.nsc.ru/seminar/group/2014.html

3. Теория колец

Исследовательский семинар, на котором докладываются оригинальные работы в области теории колец.

4. Теория моделей

Исследовательский семинар, на котором докладываются оригинальные работы в области теории моделей. Подробности можно найти по адресу http://math.nsc.ru/seminar/tmod/2014.html

5. «Эварист Галуа»

Исследовательский семинар, на котором докладываются оригинальные и реферативные работы по теории групп и в смежных областях. Подробности можно найти по адресу http://math.nsc.ru/seminar/galua/2014.html

6. Нестандартные логики

Исследовательский семинар, на котором докладываются оригинальные и реферативные работы по математической логике, в частности, по неклассическим логикам.

7. Алгебраическая геометрия

Учебный реферативный семинар, направленный на изучение алгебраической геометрии.

Курсы кафедры вычислительных систем

Технология программирования
Руководитель: Васючкова Т.С., к.ф.-м.н., доцент.

Курс предназначен для студентов 4-6 курсов, специализирующихся по информационным технологиям.

Целью освоения дисциплины «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ» является формирование у студента инженерного подхода к процессу разработки программ по следующим ключевым позициям:

- понимание моделей жизненного цикла программ как инструмента планирования и организации работ в программном проекте;
- систематизация знаний о возможностях и особенностях применения различных методологий и технологий разработки информационных систем;
- начальное формирование точки зрения аналитика, способного сделать обоснованный выбор методов и технологий для решения задач разного типа, умеющего определить критерии этого выбора;
- знание методов, средств, инструментов, применяемых на каждом этапе жизненного цикла программного изделия;
- представление о взаимосвязи между показателями качества программы и качества процесса ее разработки, методы обеспечения качества;
- видение проблем построения и применения технологии разработки в разных аспектах – методологическом, управленческом, инструментальном, организационном, стоимостном, внедренческом.

Содержание дисциплины включает изучение и освоение следующих тем: модели ЖЦПО, анализ свойств программного продукта, 4 подхода к организации технологий разработки ПО, жесткие и гибкие технологии; задачи, методы, инструменты каждого этапа разработки ПО; методы оценки и обеспечение качества ПО; CASE средства автоматизации процесса разработки ПО, ПО как сервис и облачные вычисления, методология SaaS.

Менеджмент и экономика программных проектов
Руководитель: Васючкова Т.С., к.ф.-м.н., доцент.

Практика показывает, что в 80% случаев причинами неудач программных проектов являются неумение программистов организовать свой труд, предвидеть проблемы, планировать работы, управлять работами. Курс предусматривает начальное знакомство с проблемной областью управления программными проектами. Рассматриваются цели, задачи, содержание деятельности менеджера проектов. Обсуждаются методы и средства управления программными проектами.

Целями освоения дисциплины «Менеджмент и экономика программных проектов» являются:
- начальное знакомство с современными концепциями управления программными проектами – проблемы и методы их решения
- понимание учащимся связей между качеством программного продукта, качеством процесса его разработки и качеством управления проектом.

Задачи курса
- рассмотрение процесса создания и эксплуатации программ как инженерной деятельности, которую необходимо планировать, организовать, контролировать и корректировать
- определение метрического подхода к программному проекту, измеримость программного продукта, измеримость процесса разработки
- видение проблем разработки и применения программного обеспечения в разных аспектах – методологическом, управленческом, инструментальном, организационном, стоимостном, внедренческом
- понимание учащимся компетенций менеджера программных проектов на разных уровнях управления.

Содержание курса:
Раздел 1 Введение. Формы организационной структуры ИТ фирмы. Типовые службы и функции. Соотнесение с проектной формой работ. История проектного менеджмента. Структуры проекта. Основы стандарта PM BoK

Раздел 2. Оценка и планирование ресурсов на программный проект

Раздел 3 Методы и инструменты управления ходом работ в проекте

Раздел 4. Управление рисками проекта. Стратегии управления рисками. Методы выявления и оценки рисков.

Раздел 5. Экономические методы в проектировании программных систем. Производственная функция и оценка производительности многопроцессорной системы обработки сообщений. Стоимостный анализ при выборе архитектурных решений.

Параллельные вычислительные методы
Руководитель: д.ф.-м.н., проф. Вшивков В.А.

Дисциплина «Параллельные вычислительные методы» имеет своей целью изучение классических и современных параллельных вычислительных алгоритмов для решения больших задач естественно-научного, технического и экономического цикла.

Содержание курса:

1. Основные понятия теории параллельных алгоритмов. Краткий обзор современных параллельных ЭВМ и кластеров. Пример параллельного алгоритма Левиалди. Пример программы, реализующий алгоритм Левиалди. Пример распараллеливания пузырькового алгоритма сортировки. Пример последовательного и параллельного алгоритмов для решения задачи суммирования чисел. Сравнение количества времени, необходимого для решения задач с помощью последовательного и параллельного алгоритмов.
2. Алгоритм сортировки Батчера. Определения компаратора, компараторной, сортирующей и объединяющей сетей. Определения битонической последовательности и битонического делителя. Теорема о битоническом делителе. Битонический алгоритм сортировки. Алгоритмы слияния Батчера сортировки Батчера. Время выполнения алгоритма.
3. Общие параллельные алгоритмы. Нисходящий и восходящий параллельные алгоритмы. Приведение к общим алгоритмам битонического алгоритма сортировки, алгоритма вычисления частичных сумм, алгоритма перестановки, алгоритма слияния Батчера, операции сдвига данных.
4. Алгоритмы линейной алгебры. Матричное умножение. Определение четности перестановки чисел. Свойства определителя матрицы. Определения и свойства векторных и матричных норм. Стандартные векторные нормы. Определения собственных чисел матрицы и собственных векторов и их свойства. Связь определителя матрицы с ее собственными значениями. Собственные значения подобных и обратных матриц. Эрмитова положительно определенная матрица и ее собственные значения. Вычисление матричных норм. Итерационный метод Якоби. Теорема о сходимости метода Якоби. Скорость сходимости метода. Метод верхней релаксации Якоби и его свойства. Теорема о сходимости метода верхней релаксации. Метод последовательной верхней релаксации. Определения упорядочения и последовательного упорядочения матрицы. Теорема о распараллеливании метода последовательной верхней релаксации. Вычисление оптимального коэффициента релаксации. Связь обнаружения последовательного упорядочения матрицы с задачей раскраски графа. Алгоритм обнаружения последовательного упорядочения матрицы. Схема итераций Ричардсона. Методы степенных рядов. Теорема о степенях нижней треугольной матрицы. Обратная матрица для треугольной матрицы. Алгоритм Пана-Райфа вычисления обратной матрицы. Достаточно хорошая оценка для обратной матрицы. Теорема о сходимости степенного ряда к обратной матрице.

Нелинейные задачи. Сжимающее и псевдосжимающее отображения. Решение систем нелинейных уравнений. Метод Ньютона. Метод продолжения. Параллельный алгоритм для вычисления определителя матрицы. След матрицы.

5. Дискретное преобразование Фурье. Определение и основные свойства. Быстрый алгоритм для получения свертки двух последовательностей. Теорема о свойстве степеней главного корня единицы. Теорема об обратном преобразовании Фурье. Алгоритм быстрого преобразования Фурье. Идея алгоритма. Определение перемещающей операции. Теорема о полной перемещающей операции. Графическая схема метода. Пример параллельной программы, осуществляющей быстрое преобразование Фурье. Оценка времени выполнения алгоритма на параллельных процессорах. Применение быстрого преобразования Фурье. Собственные значения циклических матриц. Алгоритм вычисления. Дискретное преобразование по вейвлетам. Параллельный алгоритм быстрого преобразования по вейвлетам.

Архитектура суперкомпьютерных систем
лектор: профессор Б.М. Глинский

Основной целью освоения курса является изучение основ организации параллельной/распределенной обработки информации, и систематизация знаний об эволюции и архитектурных особенностях высокопроизводительных вычислительных систем.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи курса:

- знакомство с организацией архитектуры, интерфейсов и памяти современных суперкомпьютеров,
- изучение подходов к разработке суперкомпьютеров,
- знакомство с основами и способами организации высокопроизводительных вычислительных систем, примеры реализации современных суперкомпьютеров,
- сдача экзамена в соответствии с учебным планом.

В начале курса рассматриваются типы и модели параллельной обработки, назначение и области применения суперЭВМ, способы оценки их производительности. Далее представляются традиционные параллельные архитектуры и известные классификации архитектур такого типа. Также затрагиваются особенности организации нетрадиционных параллельных архитектур-потоковых ЭВМ и архитектуры с параллелизмом на уровне машинных команд (суперскалярные, VLIW- и EPIC-архитектуры). Особое внимание уделяется архитектурам современных параллельных вычислительных систем: массивно-параллельных компьютеров с распределенной памятью (MPP); симметричных многопроцессорных систем с общей памятью (SMP); NUMA-систем; векторно-параллельных систем; кластерных систем; систем с графическими ускорителями Nvidia и сопроцессорами Intel Xeon Phi.

Приводятся примеры построения и использования вычислительных систем Центра коллективного пользования «Сибирский суперкомпьютерный центр» (MPP, SMP, гибридные архитектуры), http://www2.sscc.ru/. Организуется экскурсия на этот центр.

Работает годовой семинар кафедры Вычислительных систем НГУ и Сибирского суперкомпьютерного центра «Архитектура, системное и прикладное программное обеспечение кластерных суперЭВМ».

Параллельные вычислительные технологии математического моделирования
Руководитель: к.ф.-м.н. Куликов И.М.

Дисциплина (курс) «Параллельные вычислительные технологии математического моделирования» имеет своей целью изучение студентами технологий параллельного программирования для решения больших задач естественно-научного, технического и экономического цикла.

Содержание курса:

1. Современные высокопроизводительные библиотеки.
2. Библиотека алгоритмов линейной алгебры Intel MKL. Библиотека построения параллельных программ для общей памяти Intel TBB. Библиотека передачи сообщений MPI. Библиотека создания программ над общим полем памяти OpenMP. Математическая библиотека IMSL. Библиотека быстрого преобразования Фурье FFTW.
3. Грид-системы и облачные вычисления. Принципы организации вычислений на кластерах и грид-системах. Динамическое перераспределение вычислений. Вычисления в неоднородной среде. Принципы организации облачных вычислений. Модели облачных вычислений.
4. Программирование графических ускорителей.
5. Технология NVIDIA CUDA. Архитектура графических ускорителей. Типы памяти графических ускорителей. Организация вычислений на графических ускорителях. Организация вычислений на гибридных суперкомпьютерах.
6. Программирование специальных вычислительных устройств.
7. Основы программирования процессоров Cell. Основы программирования ПЛИС. Принцип программирования специализированного устройства GRAPE.
8. Решение прикладных задач с использованием математических пакетов.
9. Обзор пакета FLUENT. Обзор пакета OpenFOAM. Обзор пакета GADGET-2. Обзор пакетов GALA и AccuNA.

Моделирование и оптимизация телекоммуникационных сетей
Руководитель: д.т.н. Родионов А.С., зав. Лаб. Моделирования динамических процессов в информационных сетях ИВМиМГ СО РАН

На спецкурсе рассматриваются следующих вопросы:
1. Телекоммуникационные сети как сложные большие системы.
2. Задачи моделирования и оптимизации телекоммуникационных сетей.
3. Математические модели, применяемые для решения вышеозначенных задач.
4. Программные средства моделирования телекоммуникационных сетей.

Для лучшего понимания проблематики курса, его изучение включает знакомство с конкретными видами инфокоммуникационных сетей, их структурой и управлением (на уровне, позволяющим ставить и решать задачи их анализа и оптимизации, программирование и администрирование сетей не входят в задачи спецкурса). В частности, рассматриваются сети передачи данных в вычислительных сетях, сенсорные сети, структурированные кабельные сети и некоторые другие.

Программа спецкурса включает как рассмотрение структурных моделей, так и задачи моделирования телетрафика.

Понимание математических моделей и методов требует наличия базовых знаний по дискретной математике, теории вероятностей и математической статистике.

Нейрокомпьютерные системы
Руководитель: к.т.н., доц. Тарков М.С.

Дисциплина (курс) «Нейрокомпьютерные системы» имеет своей целью систематизацию знаний о возможностях и особенностях применения нейрокомпьютерных алгоритмов и систем для обработки информации. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать: основные типы нейронных сетей и задач, для решения которых эти нейронные сети предназначены; типовые методы, используемые при выборе архитектуры и обучении нейронных сетей; эффективные методы оптимизации, пригодные для обучения нейронных сетей, и методы контрастирования (редукции) сетей.
- Уметь: сделать сравнительный анализ и обосновать выбор архитектуры нейронной сети для решения поставленной задачи; разработать программную реализацию выбранного типа нейронной сети, произвести ее обучение и испытание.
- Владеть методикой разработки архитектуры и обучения нейронных сетей применительно к различным классам задач обработки данных.

<u>Содержание курса:</u>

1. Введение в нейрокомпьютерные системы. Элементы нейронных сетей.
2. Понятие нейронной сети (НС). История возникновения НС и перспективы их развития. Отличия НС от традиционных вычислительных систем.
3. Задача четкого разделения двух классов на обучающей выборке. Разделение центров масс. Алгоритм обучения персептрона. Виды обучения. Геометрическая интерпретация задачи разделения двух классов.
4. Аппроксимация функций. Адалайн. Паде-нейрон. Нейрон с квадратичным сумматором.
5. Виды нейронных сетей и решаемые ими задачи. Реализация булевских функций посредством НС. Виды НС. Способы организации функционирования НС. Интерпретация ответов НС. Виды интерпретации. Оценка способности НС решить поставленную задачу. Константа Липшица сети. Метод обратного распространения ошибки.
6. Методы оптимизации, используемые при обучении нейронных сетей. Особенности задачи оптимизации, возникающей при обучении НС. Выбор направления минимизации. Партан-методы. Одношаговый квазиньютоновский метод и сопряженные градиенты. Одномерная минимизация. Методы глобальной оптимизации. Алгоритм имитации отжига. Генетические алгоритмы. Использование случайных возмущений в обучении. Метод виртуальных частиц.
7. Рекуррентные нейронные сети как устройства ассоциативной памяти. Нейронная сеть Хопфилда как ассоциативная память. Сеть Хемминга. Двунаправленная ассоциативная память. Решение задач комбинаторной

оптимизации на нейронных сетях. Решение задачи коммивояжера на сети Хопфилда. Машина Больцмана.

8. Самоорганизация нейронных сетей. Метод динамических ядер. Сети Кохонена.
9. Машина опорных векторов. Оптимальная гиперплоскость для линейно-разделимых образов. Метод построения машины опорных векторов.
10. Когнитрон. Неокогнитрон.
11. Нейронные сети адаптивного резонанса.
12. Контрастирование (редукция) нейронной сети. Оценка значимости параметров и сигналов.Сокращение числа входов в линейном сумматоре методом "снизу-вверх". Метод исключения параметров "сверху-вниз" с ортогонализацией. Бинаризация адаптивного сумматора.
13. Методы реализации нейрокомпьютеров. Электронные методы реализации НС. Нейрочипы. Нейропроцессор NM6403. Оптические методы реализации НС.
14. Основные понятия и определения теории нечетких множеств.
15. Операции на нечетких множествах. Операции над нечеткими числами. Треугольные нормы.
16. Нечеткие отношения и их свойства. Нечеткое правило вывода modus ponens. Нечеткое правило вывода modus tollens. Правила нечеткой импликации.
17. Модуль нечеткого управления. Методы дефазификации. Метод нечеткого управления Такаги-Сугено.
18. Проектирование базы нечетких правил на основе численных данных.
19. Основные понятия генетических алгоритмов. Классический генетический алгоритм. Кодирование параметров задачи в генетическом алгоритме.
20. Решение задач комбинаторной оптимизации с помощью генетических алгоритмов.
21. Основная теорема о генетических алгоритмах (теорема о схемах).
22. Модификации классического генетического алгоритма. Альтернативные методы селекции. Методы масштабирования функции приспособленности. Ниши в генетических алгоритмах. Генетические алгоритмы для многокритериальной оптимизации.
23. Направления эволюционного моделирования. Эволюционные алгоритмы в нейронных сетях.
24. Структура модуля нечеткого управления. Обучение модуля нечеткого управления алгоритмом обратного распространения ошибки. Представление модуля нечеткого управления в виде стандартной нечеткой сети. Структура модуля нечеткого управления с нейронной сетью для выполнения дефазификации. Алгоритмы обучения модуля нечеткого управления с нейронной сетью для выполнения дефазификации.

Распределенные алгоритмы
Руководитель: к.т.н., доц. Тарков М.С.

Дисциплина (курс) «Распределенные алгоритмы» имеет своей целью систематизацию знаний об устройстве и принципах работы распределенных вычислительных систем. Задача курса – изучение алгоритмов решения наиболее важных задач, возникающих при проектировании программного обеспечения распределенных систем. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать: методы построения основных распределенных алгоритмов;
- Уметь: применять методы построения распределенных алгоритмов при проектировании программного обеспечения распределенных систем.

<u>Содержание курса:</u>
Раздел 1 Введение в распределенные вычислительные системы. Архитектура и языки. Параллельные и распределенные алгоритмы.

Раздел 2. Организация взаимодействий. Алгоритмы маршрутизации.

Раздел 3. Неблокируемая коммутация. Структурированные и неструктурированные решения.

Раздел 4. Волновые алгоритмы. Алгоритмы обхода.

Раздел 5. Алгоритмы избрания лидера. Кольцевые сети. Произвольные сети.

Раздел 6. Обнаружение завершения вычислений. Решения на основе волновых алгоритмов.

Раздел 7. Отказоустойчивость в распределенных системах

Параллельные системы обработки изображений
Руководитель: к.т.н., доц. Тарков М.С.

Дисциплина (курс) «Параллельные системы обработки изображений» имеет своей целью изучение студентами теоретических основ построения и применения на практике параллельных вычислительных систем обработки изображений. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать: формулировки основных задач обработки изображений, условия применимости и характеристики параллельных вычислительных систем обработки изображений;
- Уметь: определять применимость конкретных вычислительных систем для решения задач обработки изображений;
- Владеть: методикой разработки параллельных приложений при решении задач обработки изображений.

Содержание курса:

1. Дискретизация непрерывных изображений. Квантование яркости изображений. Градационные преобразования изображений. Преобразования гистограммы.
2. Сглаживающие пространственные фильтры. Пространственные фильтры повышения резкости.
3. Одномерное преобразование Фурье и его обращение. Двумерное дискретное преобразование Фурье и его обращение. Свойства преобразования Фурье. Необходимость дополнения данных нулями при реализации дискретного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье.
4. Связь между пространственными фильтрами и их аналогами в частотном пространстве. Теорема о свертке. Частотные фильтры низкой частоты. Частотные методы повышения резкости.
5. Пирамиды изображений. Преобразование Хаара. Кратномасштабное разложение изображения. Масштабирующие функции и вейвлет-функции. Разложение в вейвлет-ряды. Дискретное вейвлет-преобразование. Быстрое вейвлет-преобразование. Двумерные вейвлет-преобразования. Использование вейвлетов при обработке изображений.
6. Основные понятия параллелизма и векторизации. Конструирование параллельных алгоритмов обработки изображений.
7. Архитектуры вычислительных систем для параллельной обработки изображений. Отображение параллельных алгоритмов обработки изображений на гиперкубические и тороидальные сети процессоров. Обработка изображений на графических процессорах с использованием CUDA.

Методы разработки больших систем (семинар)
Автор Васючкова Т.С., к.ф.-м.н., доцент

Для студентов 4- 6 курсов, специализирующихся по информационным технологиям.
Спецсеминар нацелен на систематизацию знаний студентов о возможностях и особенностях применения различных методологий и технологий разработки программ. Это особенно важно в условиях большого разнообразия и постоянного обновления технологических знаний.
Семинар проводится в форме реферативных докладов с последующим обсуждением. Доклады готовят и делают студенты. Основными темами являются

1. Методологии разработки программного обеспечения (ПО)
2. Технологии и инструменты разработки ПО
3. Практическое применение подходов (стандартов) к обеспечению качества ПО
4. Методы и инструменты обеспечения надежности и безопасности ПО
5. Создание и управление Интернет ресурсами
6. Специфика проектирования распределенных систем
7. Системы, методы тестирования ПО
8. Особенности организации работ и коммуникации в команде разработчиков ПО
9. Модели/стандарты уровней зрелости ИТкомпаний
10. Методы внедрения ПО
11. Методы и инструменты сопровождения ПО
12. Кастомизация ПО, управление требованиями, управление изменениями

Поощряется активность студента в самостоятельном выборе темы доклада, в расширении приведенного выше списка тем. Также рекомендуется делать доклады по тематике дипломной работы студента.

Моделирование систем информатики (семинар)

Семинар проводится еженедельно с 1987/88 уч. года, первоначально на кафедре Теоретической кибернетики под совместным руководством лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки РФ профессора Нечепуренко М.И. и доцента Родионова А.С. (сейчас д.т.н. и профессора кафедры Вычислительных систем ММФ НГУ). С 1993/94 уч. года семинар числится на кафедре Вычислительных систем и работал, в разные годы, под совместным руководством профессоров Попкова В.К. и Родионова А.С., либо (в том числе с 2010 года) под единоличным руководством последнего.
Семинар предусматривает рассмотрение следующих вопросов:

1. Математические и программные модели и методы моделирования систем информатики (систем сбора, обработки, хранения и передачи информации с применением цифровой вычислительной техники и современных средств телекоммуникаций).
2. Модели конкретных систем.

В ходе семинаров каждый студент должен:

1. Представить собственную работу (курсовую или дипломную, дважды: в начале и конце учебного года).
2. Сделать реферативный доклад по рекомендованным научным руководителем публикациям последних лет, относящимся к рассматриваемой тематике и имеющим отношение к теме специализации.

Предусматриваются встречи и дискуссии с ведущими специалистами в области моделирования систем информатики, в том числе в рамках совместных с научными семинарами ИВМиМГ СО РАН заседаний.

Курсы кафедры дискретной математики и информатики

Теория моделей
Автор: Морозов Андрей Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, зав. лаб. ИМ СО РАН

Курс является введением в классическую теорию моделей. Он ставит своей целью усвоение студентами понятий, связанных с алгебраическими системами, рассматриваемыми, как модели логики первого порядка. Эти знания необходимы современному специалисту по математической логике, алгебре и теоретическому программированию. Они могут в дальнейшем применяться в исследовательской работе специалистов п о алгебре и логике а также задают нетривиальные принципиальные методологические ограничения при описании структур в теоретической информатике.

Поскольку теория моделей существенно использует теорию множеств, приобретенных ране студентами знаний в рамках наивной теории множеств для изучения материала курса недостаточно. Поэтому курс начинается с углубленного теоретико-множественного введения. Потом изучаются модельно полные, подмодельно полные теории и связанные с ними вопросы типа элиминации кванторов. Далее изучаются насыщенные и однородные системы, играющие особую роль среди моделей теории, теорема Вота о числе моделей полной счетной теории, дается характеризация счетно-категоричных теорий и показывается принципиальная невозможность в большинстве случаев полного описания счетных структур средствами только логики первого порядка без привлечения дополнительных условий. Остальное время посвящено доказательству теоремы Морли о несчетно категоричных теорий и связанным с ней вопросам типа стабильности, неразличимости и т.п. Особое внимание уделено примерам и методологическим следствиям из математических результатов.

Содержание курса:

1. Теоретико-множественное введение.
2. Алгебраические системы и связанные с ними основные понятия. Теорема о существовании модели.
3. Теорема Левенгейма-Скулема (общий случай).
4. Модельно полные, подмодельно полные теории, элиминация кванторов. Примеры.
5. Типы элементов, их реализация и опускание, теорема Рылль-Нардзевского об опускании счетного семейства неглавных типов.
6. Насыщенные и однородные системы. Определение, существование, вопросы единственности.
7. Теорема Вота о числе моделей счетной полной теории.
8. Счетно-категоричные теории. Теорема о характеризации счетно-категоричных теорий. Примеры.
9. Теорема Райса. Неразличимые элементы, теорема Эренфойхта.
10. Модели с малым числом типов.

11. Автоморфизмы моделей.
12. Омега-стабильные теории. Общие свойства, примеры.
13. Теорема Морли.

Логические исчисления
Руководитель: Одинцов Сергей Павлович, д.ф.-м.н., в.н.с. ИМ СО РАН

Курс ставит своей целью познакомить студентов с аппаратом логических исчислений, как с одним из инструментов для формализации информации; создать базис для дальнейшего самостоятельного изучения и исследования компьютерных языков, основанных на логических исчислениях; научить студентов применять самостоятельно основные методы доказательства полноты и разрешимости логик, а также методы сравнения выразительности логик.

Предполагается изучение важнейших видов неклассических логик и причин введения данных логик; изучение различных видов семантики для неклассических логик: оценочная семантика, семантика Крипке, алгебраическая семантика; изучение методов доказательства полноты и разрешимости неклассических логик; знакомство с важнейшими конструктивными свойствами логик: дизъюнктивным свойством, свойством конструктивного отрицания, свойством финитной аппроксимируемости, интерполяционным свойством; знакомство с новыми видами логических исчислений: табличные исчисления, естественный вывод, дескриптивные логики, пропозициональная динамическая логика, ambient-исчисление, spy-исчисление.

Содержание курса:

1. Описание тем курса и их сопоставление с предметом математической логики. Краткий исторический экскурс в традиционную логику. Синтаксические категории языка: имена, предложения и функторы. Простые категорические силлогизмы: фигуры и модусы. Формализация силлогистики средствами современной логики.
2. Пропозициональный язык: термы, формулы, подстановки. Дедуктивные системы и отношения следования. Важнейшие свойства отношения следования, задаваемого дедуктивной системой. Теории. Теорема дедукции в общем виде.
3. Дедуктивная система классической логики. Доказательство теоремы полноты методом канонических моделей: лемма о расширении, свойства полных теорий, лемма о канонической модели. Позитивная классическая логика: понятие простой теории, оценочная семантика, теорема полноты. Логика CLuN: пример не истинностно-функциональной семантики, теорема полноты.
4. Логика как множество формул. Решетки логик. Понятия фрагмента и консервативного расширения логики. Понятия точного вложения и дефинициальной эквивалентности логик. Примеры задания одной логи-ки в различных языках. Дефинициальные расширения.
5. Позитивная логика. Шкалы Крипке, выполнимость формул в шкалах. Леммы о монотонности и о порожденной подмодели. Полнота и сильная полнота логики относительно класса шкал. Полнота по Крипке.

Каноническая модель для расширения позитивной логики. Теоремы о корректности и полноте для позитивной логики.

6. Дизъюнктивное свойство позитивной логики: семантическое и синтаксическое доказательства. Интуиционистская и минимальная логики: способы задания в различных языках; семантика Крипке, корректность и полнота, дизъюнктивное свойство.
7. Расширения интуиционистской и минимальной логик. Теорема Гливенко для интуиционистской логики. Логика Гливенко.
8. Исторический экскурс: интуиционизм и конструктивизм; формализация интуиционистской логики Колмогоровым и Гейтингом; задачная семантика Колмогорова и семантика реализуемости по Клини. Свойство конструктивного отрицания, логики Нельсона. Правило замены в логиках Нельсона. Семантика Крипке для логик Нельсона.
9. Теоремы корректности и полноты для логик Нельсона. Конструктивные свойства логик Нельсона. Вложение логик Нельсона в позитивную и интуиционистскую логики.
10. Метод фильтрации. Полнота позитивной, интуиционистской и минимальной логик относительно классов конечных шкал. Финитная аппроксимируемость и разрешимость. Отсутствие свойства сильной полноты относительно классов конечных шкал.
11. Финитная аппроксимируемостью Теорема Харропа. Линейная, полиномиальная и экспоненциальная аппкроксимируемость. Интуиционистская логика не полиномиаль-но аппроксимируема.
12. Идея табличного исчисления. Табличное Т-исчисление для классической логики. Корректность и полнота. Сведение генценовского исчисления к Т-исчислению.
13. Табличное Ті-исчисление для интуиционистской логики. Корректность и полнота. Табличное исчисление как инструмент доказательства разрешимости.
14. Исчисление Воробьева-Дыкхова для интуиционистской логики. Корректность и полнота.
15. Интерполяция, явная и неявная определимость. Интерполяционное свойство Крейга для классической логики. Свойство Бэта для суперинтуционистский логик. Структурная полнота. Правило Скотта.
16. Введение в модальную логику. Семантика Крипке для нормальных модальных логик. Модальная степень формулы и лемма о порожденной подмодели. Леммы о р-морфизмах.
17. Свойства бинарных отношений и их выразимость с помощью модальных формул. Невыразимость иррефлексивности. Минимальная нормальная модальная логика K. Канонические модели для нормальных расширений логики K. Теоремы корректности и полноты для K и других нормальных модальных логик.
18. Локальное и глобальное отношения следования. Теорема дедукции для K и S4. Метод фильтраций. Наименьшая, наибольшая и транзитивная фильтрации. Финитная аппроксимируемость и разрешимость для K и других нормальных модальных логик.

19. Логика Геделя-Леба GL как логика доказуемости арифметики Пеано. Описание класса моделей аксиомы Леба.
20. Канонические логики. Неканоничность логики GL. Системы Хинтикки. Выборочная фильтрация. Теорема полноты для GL.
21. Аксиома Мак Кинси. Неэлементарность класса ее моделей. Стандартные трансляции модального языка в языки 1-го и 2-го порядков.
22. Бисимуляции. Теорема ван Бентама. Вложение интуиционистской логики в S4. Модальные напарники суперинтуиционистских логик.
23. Многозначные логики. Трех-значные логи-ки Лукасевича, Клини, Геделя, Приста. Логика RM3. Матрица Бэлнапа и система FDE перво-порядкового следования.
24. Тавтологии и следование, задаваемые логической матрицей. Теорема о нормальной характеристической матрице. Эквациональная логика.
25. Свободные алгебры. Подпрямо неразложи-мые алгебры. Импликативные решетки их свойства и определяющие их тождества.
26. Алгебра Гейтинга, j-алгебры и топобулевы алгебры. Дуальный изоморфизмы решеток подмногообразий и решеток логик. Полное описание решетки расширений логики Даммета.
27. Типизированное λ-исчисление. λ-исчисле-ние как универсальная модель вычислений. λ-куб. Варианты применения.
28. Неклассические логики в современной информатике. Синтаксис и семантика дескриптивной логики ALC. ABox- и TBox-утверждения. Отношение подчиненности понятий. Примеры разрешающих процедур. Дополнительные операторы.
29. Пропозициональная динамическая логика: синтаксис и семантика. Теоремы полноты и разрешимости.
30. Темпоральные логики. Примеры временных операторов. Логика линейного дискретного времени.

Универсальная алгебра и теория решеток
Руководители: Кравченко Александр Владимирович, к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. ИМ СО РАН; Семенова Марина Владимировна, д.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, в.н.с. ИМ СО РАН

Курс ставит своей целью усвоение студентами понятий, связанных с алгебраическими системами и аксиоматизируемыми классами таких систем, знакомство с современным состоянием исследований в теории многообразий и квазимногообразий, развитие базовых навыков использования универсальных алгебраических конструкций и методов в исследованиях по алгебре и математической логике.

Первая часть курса знакомит студентов с основными понятиями теории решеток, многие из которых широко используются и другими направлениями математики: частично упорядоченное множество, решетка подсистем, решетка конгруэнций, решетка замкнутых подмножеств, порожденная подрешетка, изоморфизм, гомоморфизм (монотонное отображение), идеал. Значительное внимание уделяется роли решеточных понятий и методов в описании иерархий объектов.

Вторая часть курса посвящена понятию алгебраической системы (в смысле Мальцева) и аксиоматизируемых классов таких систем. В этой части приводятся общие определения алгебраической системы и конструкций, частными случаями которых являются классические алгебраические системы (группы, кольца, поля, решетки и .т. п.) и понятия изоморфизма, гомоморфизма, конгруэнции, произведений и пределов. Особое внимание уделено описанию систем и их свойств с помощью формул логики первого порядка и вопросам сохранения этих свойств при использовании введенных конструкций. Здесь же приводятся характеризации многообразий и квазимногообразий.

Третья часть курса знакомит студентов с полудистрибутивными решетками, которые используются при изучении свойств решеток квазимногообразий. Основное содержание этой части составляют определения важных классов полудистрибутивных решеток и изучение их свойств.

Четвертая часть курса посвящена решеткам квазимногообразий. В ней используется материал предыдущих частей, позволяющий связать свойства элементов таких решеток со свойствами соответствующих классов алгебраических систем. В частности, рассматриваются вопросы о базисах квазитождеств и сложности решеток квазимногообразий. Данная часть также знакомит студентов с актуальными проблемами теории квазимногообразий.

<u>Содержание курса:</u>

1. Начальные понятия теории решеток: определения и их эквивалентность, изоморфизмы и гомоморфизмы решеток, подрешетки и идеалы.
2. Операторы замыкания: операторы замыкания и полные решетки, алгебраические операторы замыкания, решетки подалгебр и конгруэнций.
3. Дистрибутивные о модулярные решетки: определения и характеризация, представление дистрибутивных решеток.

4. Алгебраические системы: определение и примеры алгебраических систем, изоморфизмы и вложения, подсистемы, гомоморфизмы, порождение подсистем, произведения систем.
5. Конгруэнции: определение, теоремы о гомоморфизмах, разложения систем и решетки конгруэнций.
6. Конгруэнц-свойства.: конгруэнц-дистрибутивные многообразия и лемма Йонссона, конгруэнц-модулярные многообразия.
7. Определяющие соотношения.
8. Прямые и надпрямые пределы: категорное и алгебраическое определение, свойства пределов, их локальное строение, связь с решетками конгруэнций.
9. Операторы на классах систем: определения и примеры, сравнения между операторами, устойчивость формул, характеризация многообразий.
10. Характеризация квазимногообразий.
11. Полудистрибутивные и модулярные решетки: определения и примеры, характеризация модулярных и полудистрибутивных решеток
12. Решетки подпространств: определение и примеры, характеризационная теорема фон Ноймана — Йонссона
13. Свободные и ограниченные по Маккензи решетки
14. Решетки квазимногообразий: определение, простые решеточные свойства
15. Решетки алгебраических подмножеств: определение, свойства, вложение полудистрибутивных решеток в решетки алгебраических подмножеств.
16. Разложения и базируемость: разложения (в пересечение) в решетках квазимногообразий, связь с существованием конечных и независимых базисов.
17. Сложность решеток квазимногообразий: бесконечные и универсальные решетки квазимногообразий, примеры для классических алгебраических систем.

Топология для дискретной математики
Руководитель: Викентьев Александр Александрович, к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. И М СО РАН

Основной целью освоения дисциплины «Топология для дискретной математики» является изучение студентами теоретических основ топологии для дискретных объектов и денотационной семантики программирования.

Курс «Топология для дискретной математики» является уже традиционной дисциплиной в НГУ в математической подготовке студентов по топологическим конструкциям и денотационной семантике программирования; его новизна состоит в том, что этот курс, поставленный и разработанный Академиком Ю.Л.Ершовым, необходим для будущих математиков-дискретчиков (алгебраистам, логикам, программистам, специалистам по искусственному интеллекту и др.): классический материал по этой дисциплине весьма обширен, многие интересные результаты изложены в статьях, а изложение его теоретических основ за 36 лекционных часов требует тщательного отбора тем и методов для решения широкого круга задач. Курс характеризуется математической строгостью изложения, большим числом предлагаемых теоретических вопросов и примеров.

Содержание курса:

1. Конструкции фактор-множества, декартова (прямого) произведения. Аксиома выбора и лемма Цорна. Примеры исчислений (типовое Лямбда-исчисление, безтиповое Лямбда-исчисление) , их семантика и естественные модели исчислений.
2. Обратный спектр и обратный предел множеств; примеры. Прямой предел
3. прямого спектра множеств. Их категорные свойства.
4. Непустота обратного предела обратного спектра непустых конечных множеств; лемма Кёнига для бесконечных деревьев с конечными ветвлениями.
5. Топология, топологическое пространство X; базис (предбазис) топологии; наименьшая топология, содержащее заданное семейство подмножеств множества X.
6. Непрерывные отображения; предпорядок специализации; Различные свойства отделимости. В пространствах и их взаимоотношения; примеры и контрпримеры.
7. Предельные точки; операторы int, cl (внутренности, замыкания) и их свойства; эквивалентные способы задания топологии.
8. Компактность; простейшие свойства и примеры. Прямое произведение топологических пространств; пространство непрерывных отображений их X в У.
9. Теорема Тихонова (о прямом произведении компактных топологических пространств).
10. Обратный спектр и обратный предел топологических пространств; прямой спектр и прямой предел топологических пространств; Их

категорные свойства (естественное1-1соответствие между непрерывными отображениями топологических пространств)
11. Неприводимые множества; уравновешенные пространства; свойство обратного предела уравновешенных пространств
12. Характеризация обратных пределов конечных пространств – спектральные пространства. A-дискретные пространства; характеризация A-дискретных пространств.
13. Дистрибутивные решётки, идеалы, фильтры, простые идеалы и фильтры; существование простых идеалов и фильтров. Отношение аппроксимации ; альфа-пространства и их свойства.
14. Топология Дея-Келли и Скотта и их свойства. Поведение отношений аппроксимации и специализации в прямых произведен иях топологических пространств. Топология поточечной сходимости на C(Y,Z). Взаимосвязь метрик и топологий.
15. Гомеоморфизмы и их свойства; связь с гомоморфизмами решёток в топологиях. Верхний и нижний конусы множеств и их связь с открытыми и замкнуты ми-множествами топологического пространства. Инъективные пространства и декартова степень 2, «двойки» Серпинского; гомеоморфность T_0-пространства подпространству подходящей прямой степени пространства 2.
16. Пространство простых фильтров топологии и его уравновешенность. Пространство Spec(D), его уравновешенность. Характеризация пространств Spec(D). Теорема Нахбина.
17. Коммутативные кольца R, идеалы и простые идеалы, радикальные идеалы, существование простых идеалов. Описание радикалов идеала. Пространство Spec(R) и его спектральность.
18. Лямбда-допустимые и лямбда+-допустимые топологии на C(Y,Z); правильные топологии на C(Y,Z).
19. Правильность топологии поточечной сходимости на C(Y,Z) для альфа-пространства Y. Построение топологического пространства X:
20. C(X,X) гомеоморфно X.

Введение в современную теорию автоматов
Руководитель: Селиванов Виктор Львович, д.ф.-м.н., профессор, г.н.с. ИСИ СО РАН

Спецкурс «Введение в современную теорию автоматов» предназначен для студентов 2 – 4 курсов, а также для магистрантов факультетов математики и информатики. Его целью является формирование у слушателей фундаментальных знаний в области теории вычислений и их подготовка к исследовательской работе в области дискретной математики и теоретических основ информатики. Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:
1) изучение важных вопросов теории автоматов, не вошедших в состав основного курса «Теория алгоритмов»;
2) демонстрация основных методов исследования современной теории автоматов;
3) обсуждение открытых вопросов и возможных путей их решения;
4) обсуждения приложений теории автоматов в информатике.

<u>Содержание курса:</u>
1. Основы теории автоматов
2. Автоматы и полугруппы
3. Автоматы на сверхсловах
4. Автоматы и логика.
5. Иерархии регулярных языков
6. Применения теории автоматов

Разрешимые и неразрешимые теории
Руководитель: Кудинов Олег Викторович, к.ф.-м.н., с.н.с. ИМ СО РАН

Основной целью освоения дисциплины является изучение студентами основных методов установления разрешимости (или неразрешимости) формальных теорий естественно возникающих классов моделей. Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:
1) изучение теоретической части курса в соответствии с программой
2) решение задач по курсу в соответствии с программой
3) сдача экзамена в соответствии с учебным планом.

<u>Содержание курса:</u>
1. Классические методы установления разрешимости элементарных теорий, основанные на их аксиоматизации. Полно-та и категоричность теорий, примеры аксиоматизируемых элементарных теорий с этими свойствами.
2. Метод интерпретаций, примеры интерпре-таций. Метод относительно элементарной определимости одних классов моделей в других.
3. Теорема Рабина, ее следствия.
4. Теорема Бьюхи, ее следствия.
5. Метод элиминации кванторов, примеры применения.
6. Теорема Трахтенброта о неразрешимости теорий конечных моделей.
7. Теории конечных моделей с одной и с дву-мя эквивалентностями, проблема их разре-шимости.
8. Теория вещественно-замкнутых полей - ее аксиоматизация и основные свойства ее моделей.
9. Модельная полнота и полнота теории вещественно- замкнутых полей. Основное следствие - разрешимость этой теории.
10. Теория алгебраически замкнутых полей, ее разрешимость.
11. Примеры монадических и слабо монади-ческих теорий, вопросы их разрешимости, доказательство отсутствия финитарного ис-числения.
12. Язык локально-элементарных формул, аксиоматический метод для теорий этого языка, примеры теорий.
13. Разрешимость теории класса хаусдорфовых локально-чистых абелевых групп без кручения.

Определимость и вычислимость
Руководитель: Стукачев Алексей Ильич,к.ф.-м.н., с.н.с. ИМ СО РАН

Основной целью данного курса является знакомство студентов с различными подходами к обобщению классической теории вычислимости на случай вычислимости над произвольными алгебраическими системами, с установлением сходств и различий этих подходов, как с классическим случаем, так и между собой. В качестве основного принимается подход, при котором обобщенная вычислимость понимается как Сигма-определимость в допустимых множествах. Это позволяет изучать различные направления обобщенной вычислимости с применением языка и методов теории множеств и теории моделей.

Содержание курса:

1. Теория KPU и допустимые множества. Дельта_0-формулы и Сигма-формулы. Акси-омы теории KPU и некоторые следствия из них.Модели теории KPU. Допустимые ординалы и допустимые множества (в смысле Барвайса и в смысле Ершова). Допустимые множества вида HF(M). Классическая вычислимость как Сигма-определимость в HF(0).
2. Вычислимость на допустимых множествах. Рекурсивные определения. Теорема о Сигма-рекурсии. Индуктивные определения. Теорема Ганди. Существование универсального Сигма-предиката, некоторые следствия.
3. Допустимые множества и бесконечные логики. Бесконечные языки и их интерпре-тация в допустимых множествах. Допусти-мые фрагменты языков, их свойства. Теорема Барвайса о компактности.
4. Допустимые множества и гиперариф-метическая иерархия. Конструируемые множества. Рекурсивно насыщенные систе-мы. Допустимые множества вида HYP(M), связь с гиперарифметикой при M=N. Конструктивные ординалы и гиперарифме-тические множества натуральных чисел, аналитическая иерархия. Теорема Крайзеля о компактности.
5. HF-вычислимость. Связь между HF-вычис-лимостью, вычислимостью по Московакису и BSS-вычислимостью. Свойства вычислимос-ти на допустимых множествах: принцип униформизации, существование универсаль-ной Сигма-функции, принцип редукции. Пример допустимого множества без универсальной Сигма-функции. Квазире-зольвентные допустимые множества, их свойства. HF-надстройки над моделями регулярных теорий. Теорема об униформи-зации в HF-надстройках над моделями регулярных теорий, следствие для HF(R).
6. Относительная конструктивизируемость алгебраических систем. Сигма-определи-мость алгебраических систем в допустимых множествах. Полурешетки Сигма-степеней. Теорема Лакомба-Московакиса. Естествен-ные вложения полурешеток тьюринговых степеней и степеней перечислимости в полурешетки Сигма-степеней. Сигма-определимость несчетных систем в HF(L), теорема Ершова. Приложение для поля C комплексных чисел. Сигма-определимость несчетных моделей c-простых

теорий. Полурешетки степеней представимости счетных систем, связь с полурешетками Сигма-степеней.

Информационные технологии знаний и познания
Руководитель: Витяев Евгений Евгеньевич, д.ф.-м.н., в.н.с. ИМ СО РАН

Основной целью данного курса является знакомство студентов с различными подходами к обобщению классической теории вычислимости на случай вычислимости над произвольными алгебраическими системами, с установлением сходств и различий этих подходов, как с классическим случаем, так и между собой. В качестве основного принимается подход, при котором обобщенная вычислимость понимается как Сигма-определимость в допустимых множествах. Это позволяет изучать различные направления обобщенной вычислимости с применением языка и методов теории множеств и теории моделей.

Содержание курса:

1. Основы теории измерений. Числовые представления величин. Извлечение информации из известных типов данных.
2. Анализ методов машинного обучения.
3. Извлечение знаний и теорий. Понятие эксперимента и его результатов. Обнаружение теории и знаний на результатах эксперимента.
4. Семантический вероятностный вывод знаний и законов. Извлечение непротиворечивых и максимально специфических знаний.
5. Реляционный подход к извлечению знаний и программная система Discovery.
6. Применение реляционного подхода к решению задач в области финансового прогнозирования, медицины, биоинформа-тики, обнаружения жульничества.
7. Экспертная система компьютерного познания
8. Извлечение знаний из эксперта. Создание полной и непротиворечивой базы знаний
9. Дедуктивно-номологическая и индуктивно-статистическая модель предсказания. Вывод предсказаний в логическом программировании.
10. Проблемы работы со знаниями. Проблема статистической двусмысленности. Пример статистической двусмысленности.
11. Разработка экспертной системы

Предикатное программирование
Руководитель: Шелехов Владимир Иванович, к.т.н., зав. лаб. ИСИ СО РАН

Основной целью данного курса является изучение теории и методов предикатного программирования для задач вычислительной математики и задач реального времени; ознакомление студентов с практикой применения предикатного программирования. Задачи курса: сформировать у студентов убежденность в необходимости применения математических методов построения программ; научить студентов применять формальные методы доказательства создаваемых программ.

Содержание курса:

1. Общее понятие программы. Понятие алгоритма и программы. Свойство авто-матической вычислимости программы.
2. Понятие языка программирования и процессора языка программирования. Спецификация прог-раммы и ее основные свойства.Классификация форм спецификаций. Структура предикатной спецификации.
3. Корректность программ с предикатной спецификацией. Соотношение программ-мы и предикатной спецификации. Пред-условие и постусловие. Определение пре-диката со спецификацией. Реализуемость спецификации и правой части определения предиката. Закон соответствия программы и спецификации. Корректность определе-ния предиката.
4. Система правил доказательства корректности программы. Правила для вызова предиката. Правила для параллельного оператора. Правила для оператора суперпозиции. Правила для условного оператора.
5. Теорема тождества спецификации и программы Система правил вывода программы из спецификации. Правила для вызова предиката. Правила для параллельного оператора. Правила для оператора суперпозиции. Правила для условного оператора.
6. Математические основы. Отношения порядка. Основные положения теории наименьшей неподвижной точки. Методы математической индукции.
7. Язык исчисление вычислимых преди-катов. Правила обозначения предикатов. Свойство вычислимости. Примеры вычис-лимых предикатов. Язык исчисления вычислимых предикатов. Система типов данных. Примитивные и структурные типы данных. Подмножество типа. онструкторы и деструкторы. Параметризация типов. Рекурсивные типы. Определение типа последовательности. Семантика рекурсив-ных типов данных.
8. Денотационная и операционная семантика операторов. Структура памяти предикатной программы. Операции над секциями. Вызов предиката и его исполне-ние. Оператор суперпозиции. Параллель-ный оператор. Условный оператор. Конст-руктор предиката. Конструктор массива.

Доказательство свойства согласованности исполнения и истинности операторов.

9. Программа на языке исчисления. Правила построения заместителей перемен-ных предикатного типа. Семантика рекур-сивного кольца предикатов. Метод матема-тической индукции для доказательства свойств рекурсивного кольца предикатов.
10. Язык и технология предикатного прог-раммирования. Свойства базисных вычислимых логических композиций. Производные конструкции.Методы построения языка предикатного программирования.
11. Функциональный и операторный стили. Понятие выражения.
12. Конструкции языка. Лексика. Определение предиката. Основные операторы. Описание переменных. Описание типов.
13. Производные конструкции для массивов и последовательностей.
14. Императивное расширение языка предикатного программирования. Операто-ры присваивания и go_to. Цикл for. Групповой оператор присваивания и способ его раскрытия.
15. Базовые трансформации предикатной программы. Склеивание переменных. Замена хвостовой рекурсии циклом. Подстановка определения предиката на место вызова. Кодирование структурных типов.
16. Метод обобщения исходной задачи.
17. Гиперфункция и оператор расщепления. Структурное программирование по Э.Дейкстра. Схема работы с объектом типа “объединение”. Гиперфункция и оператор расщепления. Завершители ветвей. Свойства гиперфункций. Определение предиката-гиперфункции. Правила спецификации предиката-гиперфункции.
18. Методы доказательства корректности предикатных программ.
19. Правила доказательства корректности операторов. Оператор суперпозиции обще-го вида. Вызов предиката с выражениями в качестве аргументов. Суперпозиция трех и более предикатов.
20. Правила для рекурсивного кольца предикатов (L и R схемы). Пример доказательства корректности программы факториала. Правила для простого рекурсивного определения предиката.
21. Алгоритм доказательства предикатных программ. Примеры доказательства преди-катных программ. Техника доказательства.
22. Язык спецификации процессов.
23. Общие особенности процессной спецификации.
24. Модели и языки описания процессов. Порты и каналы.
25. Языковые средства описания процесса.
26. Декомпозиция процессов.
27. Полная спецификация процесса.
28. Пример простой программы с процессной спецификацией.
29. Технология разработки программ реального времени. Язык спецификации процессов (продолжение).

30. Виды параллелизма. Семантика чередо-вания (interleaving). Гранулированность программы. Оператор with для доступа к разделяемым переменным.
31. Взаимодействие параллельных процессов. Сообщения. Виды сообщений. Блокирую-щие и неблокирующие сообщения. Операторы посылки и приема сообщения. Очереди сообщений. Понятие главного процесса.
32. Динамически порождаемые процессы.
33. Общие понятия и устройство коммуни-кационных протоколов. Протоколы с надежной и ненадежной связью. Протокол чередования битов. Протокол скользящего окна.
34. Внешняя спецификация. Язык Милнера CCS. Структурная операционная семан-тика. Трассовая и бисимуляционная экви-валентность процессов. Следствия бисиму-ляционной эквивалентности процессов. Правило раскрытия параллельной компо-зиции Expansion Law. Примеры анализа внешней спецификации протоколов. Темпоральная логика и ее использование для внешней спецификации процессов.
35. Радиус-сервер интернет-телефонии. Поня-тие скелета программы. Трансформация программы. Сопрограммная реализация.

Дополнительные главы теории вычислимости
Руководитель: Пузаренко Вадим Григорьевич, д.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. ИМ СО РАН

Дисциплина «Дополнительные главы теории вычислимости» предназначена для изучения базовых методов классической теории вычислимости. Основной целью освоения дисциплины является изучение методов построения решений дискретных экстремальных задач. Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи курса:

- вычислимость: основные понятия и премы;
- эквивалентные определения вычислимо перечислимых множеств и их основные свойства;
- теоремы о рекурсии;
- вычислимые перестановки и вычислимые изоморфизмы;
- индексы семейств вычислимо перечислимых множеств;
- Тьюрингова сводимость и оператор скачка;
- Арифметическая иерархия и алгоритм Тарского-Куратовского;
- Продуктивные и креативные множества;
- Иммунные и простые множества;
- Метод приоритета с конечными нарушениями;
- Метод приоритета с бесконечными нарушениями;
- Существование фридберговых нумераций;
- Методы доказательств разрешимости и неразрешимости теорий;
- Свойства m-сводимости.

<u>Содержание курса:</u>

1. Основные определения и основные свойства. Частично вычислимые функции, машины Тьюринга, универсальная ч.в.ф., s-m-n-теорема
2. Вычислимо перечислимые и вычислимые множества. Эквивалентные определения, сильные аппроксимации.
3. Теорема о рекурсии
4. m-сводимость: полнота, цилиндры.
5. Тьюрингова сводимость: основное понятие, степени неразрешимости, оператор скачка.
6. Леммы о модуле и пределе
7. Арифметическая иерархия: алгоритм Тарского-Куратовского, теорема об иерархии, полнота.
8. Креативные и простые множества, теорема о полноте Арсланова.
9. Оракульные конструкции.
10. Метод приоритета с конечными нарушениями.
11. Метод приоритета с бесконечными нарушениями.
12. Элементы теории нумераций: вычислимые семейства, теорема Фридберга
13. Метод деревьев
14. Разрешимые и неразрешимые теории
15. Теорема Райса-Шапиро

Логические методы в инженерии знаний
Руководитель: Пальчунов Дмитрий Евгеньевич, д.ф.-м.н., в.н.с. ИМ СО РАН

Дисциплина (курс) «Логические методы в инженерии знаний» имеет своей целью:
знакомство студентов с современными методами инженерии знаний, методами разработки онтологий предметных областей, технологиями извлечения знаний из текстов естественного языка, формальными методами представления знаний, основанными на логике описаний, нечетких логиках, теории нечетких и приближённых множеств, анализе формальных понятий, концептуальных графах

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:
- изучение современных методов инженерии знаний;
- знакомство с технологиями извлечения знаний из текстов естественного языка;
- изучение методов разработки онтологий предметных областей;
- изучение логических средств представления знаний;

<u>Содержание курса:</u>

1. Логика описаний (Description Logic).
2. Онтологии в F-логике
3. Структура описания ресурсов (RDF)
4. Язык WEB-онтологий (OWL)
5. Алгебра композиций онтологий
6. Формальные контексты и решетки формальных понятий
7. Построение решеток формальных понятий для представления знаний и моделирования предметных областей
8. Свойства решеток формальных понятий
9. Концептуальные семантические системы
10. Онтологии как средство моделирования предметных областей
11. Нечеткая логика и концептуальные семантические системы
12. Немонотонная логика как инструмент инженерии знаний
13. Приближенные множества: теоретические аспекты представления данных
14. Концептуальные графы как метод представления знаний и моделирования предметных областей
15. Онтологии и проект Semantic WEB

Курсы кафедры программирования

Визуализация графов
Руководитель: Апанович Зинаида Владимировна, к.ф.-м.н., с.н.с. ИСИ СО РАН

Дисциплина (курс) «Визуализация графов» имеет своей целью систематическое изучение базовых понятий, наиболее важных алгоритмов и программных систем, предназначенных для визуального анализа информации, представленной в виде графов. Основной целью освоения дисциплины является начальное формирование у студента точки зрения аналитика, способного сделать обоснованный выбор методов, алгоритмов и программных средств для решения задач разного типа, умеющего определить критерии этого выбора и увязать принятые решения в единую систему.
Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- Ознакомление с областями применения методов и средств визуализации информации и классификацией используемых алгоритмов.
- Изучение математических основ и сравнительный анализ методов и алгоритмов, применяемых для решения различных подзадач на каждом этапе разработки реальных систем.
- Ознакомление с реальными приложениями и демонстрация значимости и полезности теоретических результатов, излагаемых в курсе, для решения практических вопросов на уровне создания систем.

Содержание курса:

1. Введение в методы и средства визуального анализа на основе графовых моделей.
2. Примеры наиболее важных современных приложений визуального анализа на основе графовых моделей.
3. Математическая формулировка задачи построения изображения графа.
4. Эстетические критерии и основные стили при построении изображений графов.
5. Проблемы, возникающие при работе с реальными приложениями.
6. Методы построения статических изображений деревьев для анализа иерархической информации, теоретические оценки.
7. Эстетические критерии, используемые при визуализации деревьев.
8. Алгоритм построения поуровневого изображения бинарных деревьев и деревьев произвольной степени. Структуры данных, необходимые для реализации за время O(n).
9. Теоретические оценки качества изображения статических деревьев
10. Теоретические оценки качества изображения статических деревьев. Продолжение
11. Радиальные и круговые изображения деревьев
12. От диаграмм связей к методам заполнения пространства
13. Интерактивные методы визуализации информации
14. Построение st-нумерации двусвязных графов

15. Проверка планарности графов и построение комбинаторной укладки
16. Построение прямолинейных изображений планарных графов.
17. Угловая резолюция и ортогональные изображения планарных графов
18. Построение обзорного изображения для планарного графа. Понятие сильного и слабого обзорного представления. Алгоритм построения сильного обзорного представления для триангулированного планарного графа на основе канонического упорядочения вершин планарного триангулированного графа. Оценки временной сложности алгоритмов и площади получаемого изображения. Эвристическая процедура построения ортогонального изображения на основе обзорного представления и эвристическая процедура минимизации сгибов полученного изображения.
19. Задача минимизации количества сгибов при построении ортогонального изображения.Стандартный способ описания ортогональных изображений. Задача минимизации количества сгибов при построении ортогонального изображения. Сведение задачи минимизации сгибов к поиску потока минимальной стоимости в сети. Построение сети для углов планарной укладки. Построение сети для минимизации количества сгибов для графов, имеющих вершины степени > 4
20. Задача вычисления геометрических размеров ортогонального изображения. Алгоритм вычисления размеров ортогонального изображения, состоящий из следующих этапов: разбиение ортогональных граней на прямоугольники, вычисление горизонтального и вертикального размеров изображения посредством построения двух сетей и вычисления потоков минимальной стоимости на этих сетях.
21. Информация, представимая с помощью неориентированных графов, и методы визуализации, основанные на физических аналогиях.
22. «Пружинные алгоритмы» для построения изображения неориентированных графов общего вида.
23. Алгоритма, имитирующие действие сил гравитации и магнитные силы
24. Алгоритмы, основанные на минимизации энергии
25. Повышение эффективности силовых алгоритмов размещения за счет применения многоуровневых методов. Метод Барнеса-Ната.
26. Модель размещения LinLog для графов малых миров
27. Метод Сугиямы поуровневого изображения ориентированных графов, основные критерии, принимаемые во внимание при поуровневых визуализациях.
28. Размещение ориентированных графов, продолжение
29. Размещение ориентированных графов, продолжение
30. Составные графы

Психология в программировании

Авторы: Городняя Лидия Васильевна, к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. ИСИ СО РАН; Мурзин Федор Александрович, к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. ИСИ СО РАН

Курс «Психология в программировании» ставит своей целью усвоение студентами естественнонаучных и гуманитарных понятий, связанных с разработкой и применением ПО, и развивает базовые навыки понимания проблем программирования в команде.

В первой части, данный курс знакомит студентов, обладающих представлением о коллективной деятельности, с общими факторами, определяющими поведение человека в производственном процессе разработки программ.

В курсе рассматриваются человеческие факторы, влияющие на качество программирования и жизнеспособность информационных систем. Анализируются как коллективные, так и индивидуальные аспекты практической психологии с кратким экскурсом в этологию и соционику. Оценивается специфика профориентации в области программирования. Изучается взаимообусловленность программных интерфейсов, инструментов, обстановок и методов обучения программированию в проекции на информационные технологии, их связь с социально-этическими аспектами, речевой и гуманитарной культурой. Излагаемый материал иллюстрируется эпизодами из ряда реальных научно-производственных проектов, а также фрагментами программистской публицистики.

Далее курс включает описание, как традиционных методов инженерной психологии, так и новых. Цель состоит в том, чтобы дать ряд базовых понятий и основных методов контроля своего состояния и деятельности, уметь применять психологические методе при подборе кадров, ведении переговоров и ведении коллективных проектов. В последнее время в процессе чтения лекция делается некоторый экскурс в нейрофизиологию, включая компьютерные методы биотренинга.

<u>Содержание курса:</u>

1. Программирование как человеческая деятельность. Подходы к тексто-графическому оформлению дружелюбного интерфейса ИС. Откуда берутся хорошие программы? Проблемы управления начальными и завершающими фазами разработки ИС. Спецификация программ. График разработки. Улучшаемость и эффективность программ. Модернизация и мобильность.
2. Специфика исследования программирования. Проблема исследования процесса и результатов программирования. Самоанализ, наблюдение и проверка гипотез программистами и аналитиками. Экспериментальное и творческое программирование. Профессиональное и любительское. Психологические и поведенческие оценки.
3. Программирование как социальная активность. Особенности программирования как социальной активности, выполняемой разными

людьми на фоне общих интересов. Типизация программистских групп. Ошибки и самооценка. Неэгоистическое программирование. Создание и сохранение обстановки, способствующей программированию.
4. Программистская команда. Характеристика и классификация программистских команд как профессионально связанных групп, выполняющих общую задачу. “Хирургическая бригада”. Постановка и анализ целей. Лидерство и лидеры. Жизненный цикл команды. Кризисы. Профилактика и нейтрализация. Конкуренция, темп, конвейер.
5. Программистский проект. Программистский проект как долгоживущая структура, обеспечивающая непрерывное уточнение направления деятельности. Стабильность путем изменений. Структура проекта. Общие проблемы больших проектов. Достоверность информации в многоуровневых структурах. Зрелость коллективов и предприятий.
6. Программирование как проявление индивидуальности. Рассматривается индивидуальное программирование на фоне проблемы связи реализуемых идей с реальностью. Профессионалы и любители. Заботы программиста. Стадии работы и разработки. Вариации программистских постановок задач. Пространство решений и критерии оценки результата.
7. Личностные факторы. Анализ связи личностных факторов с методами разработки ИС. Изменения и инварианты. Тип личности. Предпочтения и профориентация. Факторы успеха в программировании. Стартовые барьеры и азарт завершения. Обнаружение и исправление ошибок.
8. Интеллектуальность и способности. Сложность взаимовлияния интеллектуальности, знания методов решения задач и способности к принятию решений. Разброс способностей и производительность труда. Здравый смысл и алгоритмическое мышление. Когнитивный диссонанс и метаморфозы систем понятий.
9. Мотивация. Роль не формализуемых стимулов к активности. Навыки и опыт. Настойчивость и учеба. Уровень знаний и компетентность. Образование и программирование. Особенности функционирования психологических систем восприятия и обработки информации.
10. Социально-этический контекст программирования. Проблема ответственности разработчика за судьбу информационного продукта. Этические, правовые и лицензионные аспекты программирования. Информационные службы.
11. Инструментарий программирования. Естественный язык, диаграммы и рисунки. Подсказки, окна и меню. Унификация и универсальность. Компактность. Традиции и новации
12. Парадигмы программирования. Синтаксическое управление. Генерация текстов, структур, кодов. Преобразование и редактирование программ. Документация и достоверность. Иерархия и локальность. Линеаризация и структурированность. Функциональность. Специфика и общность. Концептуальное ядро.
13. Свободно-распространяемое программное обеспечение. Эволюция программных систем. Уровень изученности задач, решаемых при

программировании. Направленное развитие программ. Грамотное и экстремальное программирование.

14. Обучение и преподавание. Требования к уровню квалификации специалистов. Программистское знание и его удостоверение. Интернет-поддержка профессионального становления программистов.
15. Олимпиадное программирование. Студии, мастерские, учебные проекты. Информационная стилистика. Автоматизация эпизодической деятельности.
16. Профориентационное тестирование. Систематизация изученных аспектов человеческого фактора программирования с акцентом на его роль в профессиональной карьере.
17. Практические выводы и рекомендации менеджерам и программистам по тактике взаимодействия на разных стадиях производства в зависимости от уровня зрелости предприятия.
18. Психофизиология умственного труда, особенности умственного утомления, динамика умственной работоспособности, показатели функционального состояния психики
19. Прогнозирование работы оператора в технической системе, влияние факторов обитаемости и фармакологических средств,устойчивость человека к различным воздействиям, методы ритмической стимуляции умственной деятельности, установки и показатели эффективности
20. Суточные ритмы и процессы адаптации, формирование реакции ожидания, стрессовые реакции, циркадные ритмы.
21. Поисковая активность, сон и устойчивость организма
22. Внимание, его виды и нарушения.
23. Нейролингвистическое программирование, рефлексия.
24. Особенности зрительного восприятия, связь с работой памяти,
25. Системы технического зрения, виды компьютерной памяти, системы отслеживания целей.
26. Методика скорочтения, дирлинг-автоматы, нейрокомпьютеры.
27. Экологическая модель зрительного восприятия и возможность использования некоторых её элементов при создании систем искусственного интеллекта
28. Формальная методика исследования связей в коллективах
29. Творческие процессы.
30. Конфликты. Техника ведения переговоров
31. Ведение коллективного проекта. Классификация научных и производственных организаций.
32. Психологические аспекты применения ИКТ в деятельности человека.

Функциональное программирование

Авторы: Городняя Лидия Васильевна, к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ, с.н.с. ИСИ СО РАН

Специальный курс «Функциональное программирование» ставит своей целью усвоение студентами понятий, связанных с исследованием и разработкой экспериментального ПО, и развивает базовые навыки в функциональном программировании на примере языков Lisp, Haskell и F#.

В первой части, данный курс знакомит студентов, с математическим аппаратом , лежащим в основе функционального программирования, показывает их потенциал и возможности при поддержке программирования и проектирования новых задач. Значительное внимание уделяется практике символьной обработки, включая создание мини-версий синтаксических анализаторов, интерпретаторов и компиляторов.

Данный курс также знакомит слушателей с вопросами экспериментального программирования, функционального моделирования сложных систем, с основами человеко-машинного лингвистического интерфейса.

<u>Содержание курса:</u>

1. Основные идеи и общее представление о функциональном программировании и сфере его применения. λ-исчисление и комбинаторы.
2. История языка Лисп и его реализаций.
3. Роль функционального подхода в жизненном цикле программного обеспечения и эволюции информационных технологий.
4. Элементарный Лисп. Основные методы функционального программирования на примере организации информационной обработки символьными выражениями в языке Лисп. Базовые понятия символьного представления и обработки программ.
5. Формализм рекурсивных функций и простые алгоритмы символьной обработки - обоснование и демонстрация функционального подхода к представлению программ
6. Универсальная функция. Классическая техника использования функций и вспомогательных параметров при организации обычных вычислений как альтернатива операторам присваивания и глобальным переменным, а также как метод управления эффективностью вычислений.
7. Простейшее определение универсальной функции, задающей границы вычисления правильных программ, представленных в символьной форме.
8. Отображения и функционалы. Программирование отображений и использование функционалов как результативный метод резкого повышения темпа программирования и отладки программ.
9. Изучается механизм безымянных определений функций и методика их использования в отображающих функционалах.
10. Знакомство с лисповской арифметикой и мультиоперациями, а также со средствами обработки строк, литер и других типов данных.

11. Имена, определения и контексты. Методы расширения функциональных систем с помощью иерархии разнородных контекстов определений.
12. Приемы достижения удобочитаемости функциональных программ при определении сложных функций и особенности типовых схем связывания имен переменных с их значениями, принятыми в системах программирования.
13. Знакомство с методом неподвижных точек в системах рекурсивных определений логически завершает схему выбора решений по взаимодействию имен с определениями
14. Свойства атомов и категории функций. Методы расширения функциональных построений на примере моделирования привычного операторно-процедурного стиля программирования и техники работы с глобальными определениями.
15. Расширение базовой схемы обработки символьных выражений и представленных с их помощью функциональных форм на примере механизма списков свойств атомов. Функционально полное определение гибкой и расширяемой реализации языка программирования.
16. Возможности варьирования семантики разных категорий функций и пополнения семантического базиса языка программирования с целью автоматизации построений в процессе исследования границ класса решаемых задач.
17. Детализация базовых функций языка. Функциональный подход к низкоуровневому программированию исходных определений на уровне абстрактной машины (secd) для определения операционной семантики языка функционального программирования по Венской методике.
18. Низкоуровневые процедуры и методы их включения в высокоуровневую обстановку в качестве отдельной категории функциональных объектов.
19. Компиляция функциональных программ. Требования к компиляции функциональных программ и определение компилятора.
20. Разложение программы на категории функций с разным уровнем отладки является отправной точкой при выборе оптимизационных решений. Компиляция программ рассматривается как один из методов статической оптимизации процессов.
21. Реализационные решения. Принципы реализации, структуры данных, методы “сборки мусора” и других реализационных механизмов функциональных языков программирования.
22. Последовательность комплектации ядра системы функционального программирования, технические детали организации ее рабочего цикла. Функциональные средства оперативного мониторинга за фактическим составом системы и ее взаимодействия с внешним миром.
23. Основные принципы объектно-ориентированного программирования и проанализированы схемы их реализации в рамках функционального программирования на базе ряда структур данных на примере простой модели ОО-языка.
24. Особенности CLOS, поддерживающей ООП на GNU Clsip. Реализация методов обработки объектов заданного класса сводится к отдельной

категории функций, вызов которых управляется анализом принадлежности аргумента классу.

25. Варианты, последовательности, множества. Приемы организации недетерминированных вычислений в рамках функционального стиля программирования. Реализация программ с возвратами, перебор вариантов, откат, расширение семантического базиса механизмами обработки прерываний.
26. Анализ соответствия точности решения задач и уровня их изученности. Связь диагностической интерпретации и средств логического программирования. Обработка множеств, последовательностей и хэш-таблиц.
27. Управление процессами. Эффективное обобщение процесса информационной обработки, вытекающее из возможности отложенных действий (lazy evaluation).
28. Резервы производительности обобщенных процессов и методы динамической оптимизации вычислений, приводящие к смешанным и параллельным вычислениям.
29. Функции высших порядков как аппарат организации высоко квалифицированных процессов синтаксически управляемой информационной обработки.
30. Формализация и спецификация данных, генерация кода, конструирование интерпретаторов и компиляторов по формальному определению реализуемого языка.
31. Макеты программ и тесты для быстрого прототипирования, оперативного тестирования и уточняемой спецификации программ. Мемо-функции. Специализация интерпретатора программ с целью оценки уровня достоверности построений.

Java-технологии

Руководитель: к.т.н. Гуськов Андрей Евгеньевич

В рамках курса рассматривается популярная платформа для разработки программного обеспечения Java. Изучаются основы: базовые конструкции языка, виртуальная java-машина, стандартные библиотеки, среда разработки. Большое внимание уделяется современным технологиям разработки программного обеспечения, которые обеспечивают: взаимодействие с БД, создание сетевых сервисов, сборку, верификацию и отладку программ и т.д. Технологические знания и навыки будут закрепляться на лабораторных занятиях. Кроме этого, студенты смогут получить представления о современных методологиях разработки программных систем. Для наглядного представления материала на лекциях планируется использовать ноутбук с мультимедийным проектором.

Содержание курса:

1. Введение. История языка Java. Виртуальная Java-машина. Основные возможности и применения Java. Классификация платформ Java.
2. Основы Java. Синтаксис. Примитивные типы. Операторы. Интерфейсы, классы и объекты. Наследование, инкапсуляция, полиморфизм, типизация. Исключения. Области видимости. Пакеты классов. Компиляция и запуск Java-программ.
3. Расширения Java 5. Перечислимые типы. Аннотации. Шаблоны (generics). Автоматическое преобразование типов.
4. Стандартные библиотеки. Работа со строками. Потоки ввода-вывода. Файлы. Сетевые соединения. Коллекции. Локализация. Графика в Java.
5. Среда разработки. Интегрированные среды разработки: IDEA, Eclipse, Netbeans. Технология управления проектом Maven. Технологии тестирования: JUnit, Fitness. Режим отладки программ. Управление журналом сообщений. Документирование программ.
6. Взаимодействия с СУБД. Технология JDBC. Пул соединений. Понятие и принципы работы объектно-реляционного отображения. ORM. Технологии ORM: hibernate, ebatis. Языки построения запросов. Кэширование.
7. Java и web. Апплеты. Технология Java Servlet. Java server pages. Шаблон проектирования Model-View-Controller. Современные реализации MVC: Struts, Tapestry, Wicket.
8. XML. Модели документов DOM и SAX. XSL-преобразования. Web services.
9. Шаблоны проектирования (паттерны). UML. Основные, порождающие, структурные и поведенческие шаблоны. Антипаттерны.
10. Технологии J2EE. Сервера приложений. JavaBeans. Java Message Service (JMS). Java Persistence API (JPA). Dependency Injection.

Графы в программировании
Руководитель: Касьянов Виктор Николаевич, д.ф.-м.н., профессор ММФ НГУ, г.н.с., завлаб ИСИ СО РАН

Цели курса
- дать обучающимся систематизированные базовые знания об основных теоретико-графовых моделях, методах и алгоритмах, применяемых в программировании;
- дать возможность обучающимся приобрести навыки и умения, необходимые, для успешного использования теоретико-графовых моделей, методов и алгоритмов при построении вычислительных, программных и информационных систем;
- сформировать у обучающихся аналитические способности, которые бы позволили им делать обоснованный выбор изученных теоретико-графовых моделей, методов и алгоритмов при решении различного класса задач программирования.

Первая часть курса посвящена базовым моделям и алгоритмам, связанным с применением теории графов в программировании. Изложение материала привязано к трём основным типам графов: деревья, дэги или бесконтурные графы и сводимые или регуляризуемые графы. Алгоритмы для данных типов графов образуют наиболее важные и широко используемые в программировании классы алгоритмов теории графов.

Вторая часть курса посвящена вопросам построения наглядных изображений графов и визуализации структурированной информации на основе графовых моделей. Визуализация графов и графовых моделей является ключевым компонентом многих приложений в науке и технике.

В третий части курса рассматриваются такие основные приложения графов и граф-моделей в программировании, как хранение и поиск информации, трансляция и оптимизация программ, анализ, преобразование и распараллеливание программ, параллельная и распределенная обработка информации.

Содержание курса:
1. Базовые модели и алгоритмы, связанные с применением теории графов в программировании. Неориентированные графы. Орграфы и сети.
2. Ордеревья и их свойства. Обходы графов и деревьев в глубину и в ширину.
3. Генерация деревьев. Каркасы графа и алгоритмы их выделения.
4. Бесконтурные графы (дэги). Основные свойства и алгоритмы.
5. Методы и алгоритмы построения транзитивных и конгруэнтных замыканий, нахождения общих предков двух вершин дерева, выявления бикомпонент и построения графов конденсации (графов Герца).
6. Сводимые и регуляризуемые графы. Основные свойства и алгоритмы для класса сводимых графов.

7. Задача разрушения контуров в сводимых графах. Анализ циклической структуры и циклически сводимые графы.
8. Укладки и перечисление путей.
9. Задача и методы визуализации графов и графовых моделей. Рисование деревьев.
10. Планарные графы и их изображение. Поуровневое рисование орграфов.
11. Использование физических аналогий. Потоковые методы. Изображения помеченных графов.
12. Визуализация больших графов и интерактивные методы визуализации информации. Гиперболические размещения.
13. Основные методы навигации. Методы дерево-карта. Метрика и фильтрация. Методы фокус+контекст.
14. Иерархические графы и граф-модели. Системы визуализации графов и графовых моделей.
15. Информационные деревья. Деревья сортировки, АВЛ-деревья, ВВ-деревья, выровненные деревья, 1-2 братские деревья, 2-3 деревья.
16. Кучи. В-деревья. Другие страничные деревья.
17. Многомерные деревья сортировки и многомерные В-деревья. Парадигмы для МАТ-структур.
18. Графы адресуемых данных. Графы и частично-упорядоченные множества.
19. Синтаксические деревья. Синтаксис языка и фазы анализа. Порождающие грамматики и регулярные выражения. Автоматы и преобразователи.
20. Лексический анализ. Задача и методы синтаксического анализа. Перевод и конструкторы анализаторов.
21. Задача контекстного анализа. Атрибуты абстрактной программы, идентификация и семантическая индукция. Атрибутные грамматики и конструирование абстрактных синтаксических представлений.
22. Основные классы атрибутных грамматик и вычислений. Распределение памяти под атрибуты.
23. Задача кодогенерации и объектная машина. Управление памятью периода исполнения. Линейные участки и управляющие графы.
24. Распределение и присваивание регистров. Представление лучей дэгами и алгоритмы кодогенерации. Генерация кодогенераторов.
25. Задача и методы анализа потока управления. Метод нумераций и гамачное представление уграфов.
26. Отношения обязательного предшествования и обязательной преемственности. Алгоритм Ленгаура-Тарьяна.
27. Понятие структурной сложности программ. Цикломатическая мера Мак-Кейба и другие меры сложности, основанные на уграфе.
28. Задача анализа потока данных. Метод и алгоритмы разметки. Факторизация.
29. Унификация и системы переписывания термов.
30. Графовые промежуточные представления программ. Граф-схемы программ.

31. Упорядоченные диаграммы бинарных решений и логические фрагменты, конструирование и манипуляция.
32. Сети Петри, их основные свойства и применения.
33. Классы языков и основные подклассы сетей Петри.
34. Регулярные и иерархические сети Петри. Обобщения сетей Петри.

Объектно-ориентированное программирование
Руководитель: Костов Юрий Викторович, н.с. ИСИ СО РАН

Учебный курс концентрирует внимание на практическом применении популярной концепции объектно-ориентированного программирования и основанного на ней языка программирования C++ для решения практических задач. Также рассматриваются языки Java и C#.

Содержание курса:

1. Введение в объектно-ориентированное программирование. Краткая история возникновения. Суть понятий: инкапсуляция, наследование, полиморфизм.
2. Скалярные типы данных.
3. Операции над ними.
4. Производные типы данных: массивы, перечисления, структуры, объединения.
5. Понятие объекта класса.
6. Массивы и строки. Указатели и ссылки. Константы. Объявления и описания. Преобразования типов. Области действия.
7. Заголовочные файлы C++. Компоновка программы. Автоматические, статические и динамические объекты в памяти.
8. Операторы и функции. Объявление, описание и вызов. Указатель на функцию.
9. Описание классов. Доступ к компонентам класса. Константные, статические компоненты, указатели на компоненты класса. Указатель this.
10. Конструкторы и деструкторы. Копирование и присваивание объектов. Друзья. Вложенные классы. Локальные классы.
11. C#: делегаты, свойства, события, индексаторы.
12. Наследование. Управление доступом. Копирование. Множественное наследование. Неоднозначности. Виртуальные базовые классы.
13. Преобразование указателей и ссылок на объекты. Совмещение знаков операций. Полиморфизм имён.
14. Полиморфизм указателей. Виртуальные методы.
15. RTTI. Абстрактные классы и интерфейсы.
16. Родовые компоненты программ. Введение. Шаблоны функций и классов.
17. Конкретизация, специализация. Статические компоненты шаблонов. Параметризация и наследование.
18. Ограниченная параметризация.
19. Библиотера стандарных шаблонов.
20. Последовательные контейнеры STL.
21. Использование: правильный выбор контейнера.
22. Ассоциативные контейнеры STL. Адаптеры.
23. Итераторы. Алгоритмы STL.
24. Исключения. Исключения в конструкторах и деструкторах.
25. Организация ввода-вывода.

26. Потоки STL.
27. Использование потоков STL.
28. Приложение 1. Создание и использование динамически-подключаемых библиотек. Проектирование и реализация.
29. Приложение 2. Введение в сокеты.
30. Приложение 3. Синхронные и асинхронные процессы и программы. Средства синхронизации.
31. Приложение 4. «Субъектно-ориентированное программирование»: мультиагентные системы.

Менеджмент программных проектов
Автор: к.ф.-м.н., с.н.с. Скопин Игорь Николаевич

Целью курса является обеспечение для студентов получения общего представления, знаний и умений в области управления разработкой наукоемких проектов. Содержание курса связано с изучением методов менеджмента разработки программных систем как наиболее характерной инновационной наукоемкой отрасли. Особое внимание уделено разграничению методов управления проектами и руководства командой. Курс включает материалы документа PMBOK — «Руководство по своду знаний по управлению проектами», международного стандарта в области управления проектами института PMI, соответствуя современным представлением в области проектного менеджмента.

Курс предназначен для студентов 4-6 курсов ММФ НГУ, специализирующихся по направлению математика и компьютерные науки

Курс нацелен на подготовку специалистов, которые будут продуктивно работать в качестве руководителей команд разработчиков в сфере IT технологий и, в частности, в области конструирования программных систем, других инновационных сферах, связанных с созданием и/или использованием современного системного и прикладного программного обеспечения. Острый недостаток таких специалистов, способных квалифицированно подходить к организации проектной работы как в промышленности, так в научно-исследовательской деятельности, является одним из существенных факторов, препятствующих развитию инновационных отраслей.

Таким образом, тематика курса является актуальной.

Курс построен как пять автономных модулей, отражающих различные аспекты руководства командой и управления наукоемкими проектами. Соответственно, учебные задачи курса — это объединение задач его модулей.

<u>Модуль 1. «Основы инновационного проектного менеджмента»</u> является вводным для дисциплины и носит общеобразовательный характер. Он практически не связан со специализацией менеджмента в области разработки программных продуктов. Его задачи сводятся к следующему:

1. Дать представление и базовые понятия менеджмента и, в частности менеджмента инновационных проектов.
2. Изучить основные понятия менеджмента: руководство и управление, декомпозиция проекта, функции и роли разработчиков, жизненный цикл проекта и продукта, проектные требования, заинтересованные стороны (stakeholders), контрольных точек и вех
3. Разъяснить обучаемым назначение методологий проектной деятельности и показать различные варианты методологий, применяемых на практике
4. Дать представление о традиционных подходах к управлению проектами.

<u>Модуль 2. «Менеджмент программных проектов»</u> развивает материал модуля 1 применительно к управлению в программных проектах. Как принято в

преподавании программной инженерии изложение модуля строится вокруг понятия жизненного цикла разработки программных проектов, на сопоставлении различных его моделей. На этой базе обучаемые изучают проблемы реализации требований к продукту и проекту, методологическую поддержку оперирования требованиями, знакомятся с понятием инструментальности моделей и с методами повышения технологичности разработки проектов. Существенное место уделяется планированию проектной деятельности и ее оценке, а также подходам к планированию, к оценке качества и к управлению рисками. Рассматриваются методы организации командной работы. Задачи модуля:

1. Получить представление о том, как модели жизненного цикла применяются для повышения продуктивности разработки программных проектов
2. Изучить возможности инструментальных моделей и используемых на практике методологий программирования.
3. Освоить подходы к организации итеративного развития проектов.
4. Научиться применять методы и инструменты оперирования требованиями
5. Показать принятые сегодня и перспективные приемы оценки качества проектов и проектной деятельности
6. Освоить популярные методологии проектирования программных проектов и границы их адекватного применения
7. Изучить различные варианты организация командной работы в программистских коллективах
8. Получить знания и умения для самостоятельного изучения различных подходов к организации менеджмента проектов

<u>Модуль 3. «Руководство коллективом с учетом человеческого фактора в проектной деятельности»</u> нацелен на развитие навыков, связанных с учетом человеческого фактора, необходимых для менеджера проектов. Он построен на основе материала, отражающего требования оперирования на более высоких уровнях знаний и навыков, чем простое шаблонное мышление, что является крайне важным для руководства инновационными проектами. Обучаемым предлагается материал, способствующий при руководстве учету индивидуальных особенностей работников в сочетании с особенностями взаимодействий в коллективе. В задачи модуля входят:

1. Дать представление о понятиях уровней знаний и о применении его при организации коллективной работы
2. Отработать навыки, связанные с необходимостью руководителя коллектива действовать с учетом существующих взаимоотношений в команде разработчиков
3. Изучить практичные приемы управления и руководства, а также методы принятия решений и искусство убеждения
4. Научить методам руководства, нивелирующие конфликтные ситуации.
5. Показать подходы к формированию дееспособной команды разработчиков

6. Ознакомиться с тем, как не допускать типичные ошибки руководителя при оценке ситуаций.

Модуль 4. «Современные подходы к инновациям в высокотехнологичных компаниях» знакомит обучаемых с проблемами и особенностями менеджмента при выполнении высокотехнологичных проектов. Как и предыдущий модуль, он не связан со спецификой программистской деятельности. Задачи модуля сводятся к следующему:

1. Дать представление о том, что такое инновации, инновационный проект и инновационная компания, какое место занимают инновации в социуме
2. Показать, как связаны инновации и наукоемкость, в каких аспектах проектной деятельности приявляются инновации
3. Показать принципы оценки инноваций на уровне общества и в условиях компании
4. Дать представление о закрытых и открытых инновациях и обосновать логику перехода от закрытых инноваций к открытым.

Модуль 5. «Стандарт PMBOK — основа проектного менеджмента в зрелой организации» отражает информацию документа «Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®)». Он построен в соответствии со структурой этого документа. Задачи модуля:

1. Дать представление PMBOK как наиболее полном документа, отражающем современное представление о задачах и методах их решения в области проектного менеджмента.
2. Помочь слушателя к самостоятельной подготовке к сертификации как менеджера по программе PMBOK.

Курсы кафедры теоретической кибернетики

Дискретный анализ и комбинаторика
Автор: к.ф.-м.н., проф. Александр Андреевич Евдокимов

<u>Содержание курса:</u>
1. Комбинаторика перечисления, метод кодирования для подсчёта числа объектов.
Системы счисления и кодирование натуральных чисел. Задачи о нумерациях подмножеств конечного множества. Коды Грея. Нумерации объектов в порядке минимального изменения. <m,n>-нумерации множества слов. Алгоритмы построения нумерующих отображений. Отображения конечных множеств, их кодирование и подсчет числа. Кодирование деревьев. Число деревьев. Примеры подсчёта с помощью рекуррентных уравнений и производящих функций.

2. Комбинаторика слов и символьных последовательностей.
Некоторые классические символьные последовательности и способы их задания.
Универсальные слова. Задачи восстановления слов по их фрагментам. Комбинаторная сложность слов. Псевдослучайные последовательности. Графы перекрытия подслов символьных последовательностей. Последовательности де Брейна и их число. Задачи быстрой сборки слов. Аддитивная сложность символьных последовательностей и ее связь с задачами быстрого умножения и вычисления полиномов. Алгоритмы сборки. Оценки аддитивной сложности индивидуальных последовательностей. Суффиксные деревья. Префиксные коды. Запрещённые подслова и проблема полноты множества слов.

3. Кодирование структурированной информации. Вложения дискретных пространств и графов.
Понятия близости, расстояния, метрики. Структуры метрических пространств на множествах подмножеств, словах, символьных последовательностях. Реализация метрик графами. Структура гиперкуба. Гиперкубовая и систолическая архитектура вычислительных систем. Кодирование дискретных объектов и вложения в гиперкубы. Изоморфные и изометрические вложения. Вложения с растяжением ребер. Алгоритмы построения вложений. Локально изометрическое кодирование табло. Вложения деревьев и систолических архитектур.

4. Булевы, к-значные и словарные функции.
Булевы функции, их число, способы задания. Представление формулами. Нормальные формы. Единственность совершенной и сокращённой форм. Представления многочленами Жегалкина. Полнота систем булевых функций. Теорема Поста. K-значные логические функции. Словарные функции. Схемы из функциональных элементов. Конечные автоматы.

5. Ориентированные графы и дискретные модели генных сетей.
Ориентированные графы и сети. Генные сети. Простейшие дискретные модели. Анализ и графы функционирования. Достижимость вершин. Алгоритмы нахождения внутренне и внешне устойчивых множеств. Базы и ядра. Алгоритм построения разрезов циклов. Логические производящие функции. Булевы методы в задачах теории графов. Диаметр, радиус и центр в ориентированных графах и алгоритмы их нахождения. Анализ и сложность функционирования регуляторного контура генной сети.

Коды и схемы
Автор: к.ф.-м.н. Могильных И. Ю.

Содержание курса:

1. Коды, исправляющие ошибки в канале связи. Параметры кода. Пространство Хэмминга.
2. Классические границы объемов кодов: Хэмминга, Синглтона и Плоткина.
3. Линейные коды, порождающая и проверочные матрицы этих кодов. Группы симметрий и автоморфизмов линейных кодов и кодов дуальных к ним.
4. Совершенные коды. Двоичные коды Хэмминга. q-значные совершенные коды. Конструкция q-значных кодов Хэмминга. Основные структурные свойства совершенных кодов. Дистанционная инвариантность совершенного кода. Антиподальность совершенного кода и единственность по среднему слою. Верхняя оценка числа
5. совершенных кодов (Теорема Августиновича). Теоремы Шапиро-Злотника. Теорема Дельсарта-Пулатова. Теорема Ллойда. Теорема существования совершенных кодов (теорема Зиновьева-Леонтьева-Титвайнена). Группа симметрий кода Хэмминга. Теоремы Соловьевой-Топаловой и Фелпса.
6. Основные конструкции совершенных и расширенных совершенных кодов.
7. Понятие свитчинга. Свитчинговые конструкции: Васильева, альфа-компонент.
8. Нижняя оценка числа совершенных кодов Васильева. Каскадирование. Основные каскадные конструкции: Соловьевой, Зиновьева, Фелпса.
9. Блок-схема. Проблема существования блок-схем. Необходимые целочисленные условия существования блок-схем. Неравенство Фишера.
10. Симметричные схемы. Пересечение блоков симметричной схемы. Теорема Брука-Райзера-Човла. Конечная проективная плоскость. Конечные проективные плоскости и симметричные блок-схемы. Схема, дуальная к симметричной. Необходимые условия существования симметричных схем при нечетных n.
11. Системы троек и четверок Штейнера. Допустимые параметры троек и четверок Штейнера. Связь систем троек Штейнера и совершенных кодов, систем четверок Штейнера и расширенных совершенных кодов. Конструкция прямого произведения системы троек Штейнера. Конструкция Ассмуса-Маттсона. Связь конструкции систем троек Штейнера Ассмуса-Маттсона с конструкцией Васильева. Конструкции четверок Штейнера Ханани и Алиева. Нижние оценки числа STS и SQS.

Дискретные экстремальные задачи
Автор: к.ф.-м.н., доц. Кононов. А.В.

Содержание курса:

1. Введение. Понятие алгоритма, размер входа, перечисление (перебор) , время работы алгоритмов, алгоритм сортировки слиянием (2 часа)
2. Графы. Основные определения. Деревья, обходы и разрезы. Связностью Эйлеровы и двудольные графы (2 часа)
3. Алгоритмы сканирования и обхода. (2 часа)
4. Остовные деревья. Задача о минимальном остовном дереве. Задача о минимальном взвешенном ориентированном остовном дереве. Упаковка остовных деревьев. (2 часа)
5. Кратчайшие пути. Кратчайшие пути из одной вершины. Кратчайшие пути между всеми парами вершин. Задача о минимальном усредненном цикле. (2 часа)
6. Потоки в сетях Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе Теоремы Менгера. Теорема о декомпозиции потока. (2 часа)
7. Потоковые алгоритмы. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Алгоритм Эдмонса-Карпа. Блокирующие потоки. Алгоритм проталкивания предпотока. Алгоритм Голдберга-Тарьяна. (4 часа)
8. Паросочетания в двудольных графах. Теорема Кенига. Теорема Холла. Теорема о бракосочетаниях. (2 часа)
9. Задача о максимальном паросочетании. Матрица Татта. Теорема Татта. Формула Бержа-Татта. Вероятностный алгорим Ловаша. Фактор-критические графы. М-чередующиеся декомпозиции. Алгоритм Эдмондса. (6 часов)
10. Матроиды. Независимые системы и матроиды Жадный алгоритм для задачи максимизации независимой системы. Теорема Эдмонса-Радо. (2 часа)
11. NP-полнота. Машина Тьюринга. Задачи распознавания. Классы P и NP. Теорема Кука. Полиномиальная сводимость. Основные NP-полные задачи (6 часов)
12. Приближенные алгоритмы. Основные понятия и обзор комбинаторных методов на примере задачи о покрытии. (2 часа)
13. Комбинаторные алгоритмы для задач с метрикой. Задача о k-центрах, задача Коммивояжера, задача Штейнера. (2 часа)
14. Задача о кратчайшей суперстроке. (2 часа)
15. Приближенные схемы. Основные идеи построения приближенных схем на примере задчи из теории расписаний. (2 часа)
16. Асимптотическая приближенная схема для задачи об упаковке. (2 часа)
17. Приближенная схема для цеховой задачи открытого типа. (2 часа)
18. Приближенные алгоритмы на основе ЛП. Задача о покрытии, простейшая задача размещения, задача минимизации длины расписания на параллельных машинах различной производительности, обобщенная задача о назначениях. (6 часов)
19. Рандомизированные алгоритмы и дерандомизация. Задача о максимальной выполнимости. Задача о максимальном разрезе. (2 часа)

20. Использование метода эллипсоидов и построение отделяющего оракула при решении задач ЛП с неполиномиальным количеством ограничений. Задача минимизации взвешенной суммы моментов окончания выполнения работ на одной машине. (4 часа)
21. Полуопределенное программирование. Задача о максимальном разрезе, задача взаимозависимой кластеризации. (2 часа)
22. Метод локального поиска. Простейшая задача размещения. (2 часа)
23. Округление данных в динамическом программировании. Приближенная схема Бэйкера для задачи о независимом множестве на планарных графах. (2 часа)
24. Неаппроксимируемость. Техника разрыва. Сведения предохраняющие аппроксимацию. PCP-теорема.(6 часов)

Алгебраическая комбинаторика
Автор: к.ф.-м.н., доц. Васильева А.Ю.

Технический прогресс второй половины XX века поставил перед математиками совершенно новые задачи, задачи эффективной обработки больших объемов дискретной информации. Оказалось, что изучение даже конечных дискретных объектов весьма актуально с одной стороны и весьма непросто – с другой. Использование алгебраического аппарата позволило получить прорывные (теперь уже ставшие классическими) результаты, а в настоящее время в дальнейшее развитие это направления вовлечен широкий круг специалистов во всем мире.
Основной целью дисциплины является изложение основных вопросов теории схем отношений, лежащих на стыке алгебры и комбинаторики. Задачи дисциплины – ввести студентов в теорию схем отношений, показать взаимосвязи с теорией графов и теорией кодирования.

Курс состоит их двух основных частей. В первой части курса студенты знакомятся с такими основными понятиями как схема отношений и дистанционно регулярный граф, изучаются их свойства и взаимосвязи. Также в этой части курса кратко излагаются необходимые дополнительные факты из алгебры. Указываются связи и аналогии с теорией характеров и теорией представления групп.

Вторая часть нацелена на применения теории схем отношений в теории графов, теории кодирования и теории дизайнов. Описывается связь с основной задачей теории графов – задачей изоморфизма графов. Дается граница линейного программирования для кодов.

Содержание курса:

1. Определение и примеры схем отношений
2. Дистанционно регулярные графы, их свойства, примеры
3. Алгебра Боуза-Меснера схемы отношений
4. Идемпотенты. Идемпотенты для схем отношений.
5. Собственные значения, числа пересечений, параметры Крейна.
6. Сильно регулярные графы
7. Совершенные раскраски
8. Подсхемы и разбиения матриц
9. Примитивность схем отношений. Полностью регулярные подмножества.
10. Двоичные и q-ичные схемы отношений Хэмминга. Схемы отношений Джонсона.
11. Внутреннее произведение и ортогональное проектирование.
12. Линейное программирование. Клики и коклики.
13. Характеры. Графы Кэли.
14. Дискретное преобразование Фурье и преобразование Адамара
15. Теоремы Мак-Вильямс
16. Алгебры Тервилигера

Криптография и криптоанализ. Современные методы
Автор: к.ф.-м.н. Токарева Н.Н.

Целью освоения дисциплины «Криптография и криптоанализ. Современные методы» является обучение теоретическим и практическим знаниям, необходимым для решения широкого спектра задач в области теоретической и прикладной криптографии и криптоанализа, с использованием вероятностных и алгебраических моделей криптосистем, включающее знания основных криптографических алгоритмов, способов построения криптографически стойких компонентов шифров, а также математических методов, применяемых в криптоанализе блочных и поточных шифров.

Содержание курса:

1. История криптографии в России. Введение
2. Теория секретности Шеннона
3. Булевы функции. Комбинаторный и алгебраический подходы.
4. Блочные и поточные шифры. Линейные рекуррентные последовательности.
5. Криптоанализ. Статистические и алгебраические методы.
6. Криптографические свойства булевых функций.
7. Хэш-функции.
8. Методы асимметричной криптографии.
9. Методы криптоанализа асимметричных систем.
10. Высокопроизводительные вычисления в криптографии.
11. Криптография в беспроводных сетях.
12. Практическая криптография.

Принятие решений.
Автор: д.ф.-м.н., проф. Гимади Э.Х.

Основной целью освоения дисциплины «Принятие решений» является получение базовых знаниий, необходимых выпускникам, для самостоятельной работы в сферах будущей научно-исследовательской, технической и производственной деятельности, связанных с вогпросами принятия целесообразных решений в области распределения ресурсов, календарного планирования, маршрутизации, управления запасами, замены оборудования, стандартизации, размещения производственных мощностей, назначения и т. п.

Задачами курса являются получение студентами:
1) знаний об основных принципах, типовых моделях и задачах принятия решений;
2) навыков по анализу типовых оптимизационных моделей принятия решений, выявлению сложностного статуса возникающих экстремальных задач и построению соответствующих математических методов их решения.

В связи с труднорешаемостью многих задач принятия решений, большое внимание в курсе уделено применению эффективных (полиномиально ограниченных) приближен-ных алгоритмов с оценками их качества, и, в частности, асимптотически точному под-ходу к их решению. Несомненно, что сочетание прикладной направленности изучаемого спецкурса с глубоким изучением теоретических аспектов, возникающих при построении реализуемых алгоритмов решения задач принятия решений, окажется неоценимым для предприятий, фирм, учреждений, в которых будут работать выпускники, проходящие данную специализацию, после окончания ими Новосибирского университета.

<u>Содержание курса:</u>

1. Ведение в дисциплину и основные понятия. Типовые модели принятия решений. Понятие о сложности задач. Классы NP, P, NPC. Алгорит- мы и оценки их качества. Приближенные алгоритмы для труднорешаемых задач.
2. Динамическое программирование (ДП). Вывод основных рекуррентных соотношений ДП. Принцип оптимальности Беллмана. Алгоритм ДП с одним прямым и одним обратным ходом. Релаксационный алгоритм. Сравнение с полным перебором.
3. Задача о ранце. Связь прямой и обратной задач о ранце. Задача альтернативного выбора. Многомерная задача о ранце
4. Задачи о «ближайшем соседе». Свойство Глебова.
5. Задача Вентцель о распределении ресурсов между отраслями
6. Линейные оптимизационные модели. Задача об оптимальном рационе. Стандартная задача линейного программирования (ЗЛП). Двойственность в ЛП: прямая и двойственная задачи ЛП, теоремы двойственности, экономическая интерпретация

7. Задачи транспортного типа. Задача об оптимальном назначении. Многоиндексные задачи о назначениях.
8. Блочные задачи. Двухэтапная задача линейного стохастического программирования
9. Элементы теории матричных игр. Основные понятия теории игр. Матричная игра. Принцип минимакса. Седловая точка. Смешанные стратегии. Основная теорема матричных игр.
10. Методы решения матричных игр. Доминирование. Игра 2x2, игры 2xn и mx2. Игры mxn. Итеративный метод Брауна-Робинсон и сведение к задаче ЛП.
11. Модели управления запасами. Виды спроса: детерминированный стационарный, нестационарный, вероятностный. Управление многономенклатурными запасами.
12. Модели замены оборудования. Аналитические модели при неслучайном спросе. Приведение затрат к текущему моменту..
13. Теорема об оптимальном периоде замены. Применение ДП к задаче замены оборудования
14. Моделирование операций по схеме марковских случайных процессов. Уравнения Колмогорова. Метод динамики средних.
15. Сетевое планирование и управление. Представление проекта в виде сетевой модели (СМ). Параметры и алгоритмы анализа СМ. Метод критического пути.
16. Алгоритм обнаружения контуров и вычисления рангов вершин СМ. Стохастическая СМ.
17. Задача календарного планирования с ограничениями на ресурсы и директивные сроки. Полиномиальный точный алгоритм в случае складируемости ограниченных ресурсов
18. Задачи упаковки в контейнеры и в полосу. Асимптотически точный подход к ее решению.
19. Задачи маршрутизации. Задача коммивояжера (ЗК). Метод ветвей и границ и его применение к ЗК
20. Приближенные алгоритмы решения ЗК на минимум с оценками точности 3/2 (метрическая ЗК) и 3/4 (симметрическая ЗК). Асимптотически точный алгоритм для евклидовой задачи на максимум.
21. Условия асимптотической точности алгоритма «Иди в ближайший непройденный город» для ЗК на случайных входах.
22. Задачи выбора экстремальных подграфов и подмножеств векторов.
23. Задачи о потоке максимальной мощности и о потоке минимальной стоимости.
24. Задачи размещения и стандартизации. Полиномиально разрешимые случаи. Применение метода ветвей и границ. Приближенные полиномиальные алгоритмы. Асимптотически точный подход.
25. Задачи теории расписаний. Задачи с одним рабочим местом. Задача Джонсона с двумя станками. Задача Акерса-Фридмена

26. Достаточные условия сводимости задачи Джонсона с тремя станками к случаю двух станков. Применение метода компактного суммирования векторов к задаче Джонсона.

Совершенные структуры
Автор: к.ф.-м.н. Августинович С.В.

Содержание курса:

1. Алгоритмы анализа совершенных раскрасок
2. Совершенные раскраски. Алгоритм Визинга.
3. Центрированные функции. Теорема Шапиро и Злотника.
4. Кронекерово произведение матриц.
5. Матрицы Адамара. Проблема существования матриц Адамара заданного порядка.
6. Методы построения матриц Адамара. Построение матриц Адамара методом Вильямсона.
7. Квазигруппы..Каскадная конструкция построения Кодов.
8. Двудольные графы. (0,1)-матрицы. Теорема Кенига. Совершенные паросочетания. Перманенты.
9. Ассоциативные схемы
10. Эквидистантные коды. Блок-схемы.
11. Теорема Брука--Райзера--Човлы.. Латинские квадраты. Ортогональные латинские квадраты.
12. Проективная геометрия. Системы троек Штейнера.
13. Конструкции и оценки
14. Совершенные упаковки и разбиения. Апериодические замощения.
15. Квазикристаллы. Фрактальная сложность.
16. Наследственные свойства граов.Планарные графы.
17. Хроматическое число графа.Род графа. Род группы.
18. Дважды стохастические матрицы. Теорема Биркгофа.
19. Собственные пространства оператора Лапласа на графе.
20. Частичное восстановление совершенных структур.

Экстремальные задачи анализа данных и распознавания образов
Автор: д.ф.-м.н. Кельманов А.В.

Компьютерная революция породила потоки (массивы) данных гигантского размера, подлежащих обработке с целью решения множества разнообразных актуальных проблем, которые связаны, в частности, с анализом, обобщением и интерпретацией этих данных (Data Mining problem), построеним моделей порождения данных, обнаружением информационно значимых фрагментов в данных, принятии решения о сходстве и различии анализируемых данных, построением «умных» («обучаемых») алгоритмов, обеспечивающих решение перечисленных проблем (Machine Learning problem) и др. Конструктивная модель какой-либо содержательной проблемы анализа данных и распознавания образов всегда формулируется в форме задачи оптимизации подходящего критерия или функционала (максимума правдоподобия, минимума суммы квадратов уклонений, максимума апостериорной вероятности и т.п.), адекватно отражаю-щего эту проблему. Совокупность этих критериев в комбинации с многообразием объективно существующих структур (моделей) анализируемых данных порождает необозримый спектр экстремальных задач, к которым сводится поиск оптимального решения. При этом сходные в содержательном плане проблемы индуцируют отличающиеся экстремальные задачи. Зачастую простейшие и давно известные проблемы анализа данных приводят к решению экстремальных задач, для которых эффективные алгоритмы с гарантиями по точности решения неизвестны.

Как показывает практика, большинство этих задач NP-трудны. Поэтому в предположении справедливости гипотезы о несовпадении классов P и NP отыскание точного алгоритмического решения этих задач (имеющих, к тому же, гигантские размеры входа) за приемлемое (полиномиальное) время не реализуемо и бесперспективно. В этих условиях основная надежда возлагается на полиномиальные приближенные алгоритмы с теоретическими гарантиями по точности решения. Умение строить такие алгоритмы имеет ключевое значение для успеха в решении практических задач.

Основное внимание дисциплины сосредоточено на экстремальных задачах, которые моделируют типовые проблемы анализа данных и распознавания образов, анализе вычислительной сложности этих задач и построении эффективных (полиномиальных) алгоритмов с гарантированными (априорно доказуемыми) оценками точности для их решения.

Цель курса – получение базовых знаний, необходимых выпускникам, для самостоятельной работы в тех сферах будущей научно-исследовательской, технической и производственной деятельности, которые связаны решением проблем анализа данных и распознавания образов. Задачами курса являются получение студентами:

1) знаний об основных принципах, моделях и задачах анализа данных и распознавания образов, а также подходах, методах, аппарате, технике и алгоритмах их решения;

2) навыков по построению оптимизационных моделей содержательных проблем анализа данных и распознавания образов, выявлению дискретных

экстремальных задач, которые индуцируются этими проблемами и моделями, анализу вычислительной сложности индуцированных оптимизационных задач, обоснованию полиномиальных алгоритмов с гарантированными оценками точности для решения этих задач.

Содержание курса:

1. Введение в дисциплину и основные понятия. Анализ данных и распознавание образов: методологические аспекты. Объект, предмет и цели научной дисциплины. Базовые понятия. Основная содержательная проблема и ее типовые варианты. Примеры содержательных задач. Основные этапы и техника решения задач анализа данных и распознавания образов. Проблемы Data Mining и Machine Learning.
2. Модели и задачи кластерного анализа и поиска подмножеств и подпоследовательностей «похожих» элементов.
3. Квадратичные евклидовы задачи поиска в конечном множестве подмножества заданной мощности. Приближенные полиномиальные алгоритмы для общего случая задач и точные псевдополиномиальные алгоритмы для специального случая.
4. Задача MSSC и квадратичная евклидова задача поиска семейства непересекающихся подмножеств. Приближённый алгоритм.
5. Задачи поиска в векторной последовательности совокупности «похожих» элементов при ограничениях на номера искомых элементов. Приближенные полиномиальные алгоритмы для общего случая задач и точные псевдополиномиальные алгоритмы для специального случая
6. Полностью полиномиальная приближенная схема (FPTAS) для квадратичной евклидовой задачи поиска подмножества векторов заданной мощности для случая фиксированной размерности пространства
7. Квадратичные евклидовы задачи разбиения множества на 2 кластера в случае, когда мощности кластеров заданы, а центр одного из кластеров фиксирован
8. Квадратичные евклидовы задачи разбиения последовательности на 2 кластера в случае, когда мощности кластеров заданы, а центр одного из кластеров фиксирован
9. Квадратичные евклидовы задачи разбиения множества на 2 кластера в случае, когда мощности кластеров неизвестны, а центр одного из кластеров задан
10. Квадратичные евклидовы задачи разбиения элементов последовательности на 2 кластера в случае, когда мощности кластеров неизвестны, а центр одного из кластеров задан
11. Рандомизировнный алгоритм для квадратичной евклидовой задачи разбиения множества на 2 кластера в случае, когда центр одного из кластеров задан
12. Точный псевдополиномиальный алгоритм для квадратичной евклидовой задачи разбиения множества на 2 кластера при заданном центре одного из кластеров задан для подслучая задачи, когда размерность пространства фиксирована, а координаты векторов целочисленны

13. Приближенная полиномиальная схема (PTAS) для квадратичной евклидовой задачи поиска в конечном множестве подмножества заданной мощности
14. NP-трудность евклидовых задач о разрезе максимального веса и связанных с ними задач кластерного анализа
15. Модели и задачи обнаружения и распознавания
16. Проблема анализа и распознавания структурированных данных и объектов.
17. Проблема помехоустойчивого обнаружения повторяющегося вектора (фрагмента) в последовательности.
18. Задачи распознавания последовательности, включающей квазипериодически повторяющийся вектор-фрагмент из алфавита.
19. Задачи совместного обнаружения и идентификации векторов в числовой последовательности.
20. Задачи обнаружения в числовой последовательности повторяющегося вектора при наличии посторонних векторов-вставок.
21. Задачи обнаружения и идентификации повторяющегося набора векторов.
22. Задачи разбиения последовательности векторов на участки, включающие серии идентичных векторов.
23. Задачи распознавания алфавита векторов, порождающего последовательности.
24. Модели и задачи поиска (селекции) подмножеств значимых признаков.
25. Основные подходы к решению проблемы. Постановки типовых задач (факультативно)

Теория оптимальных процессов
Авторы: д.ф.-м.н., доц. Ломов А.А., к.ф.-м.н., доц. Коробов А.А.

Курс ставит своей целью усвоение студентами основных понятий и методов теории оптимальных процессов, в том числе: типы задач оптимального управления, принцип максимума Понтрягина, связь с классическим вариационным исчислением, линейные оптимальные быстродействия, управляемость, наблюдаемость, идентифицируемость и др.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
- знать основные понятия и круг задач теории оптимального управления;
- уметь применять принцип максимума Понтрягина для решения задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями;
- знать связь принципа максимума с необходимыми условиями оптимальности из классического вариационного исчисления, такими как уравнение Эйлера–Лагранжа, условия Лежандра, Вейерштрасса и др.
- иметь представление об оптимальных алгоритмах решения обратных задач теории оптимальных процессов – идентификации и оценки состояния динамических систем.

Содержание курса:
1. Принцип максимума в теории оптимальных процессов: Вариационная задача управления. Допустимые управления. Принцип максимума. Задача быстродействия. Задача синтеза оптимального управления.
2. Задача с подвижными концами. Условия трансверсальности. Принцип максимума для неавтономных систем. Задача оптимального быстродействия для неавтономных систем. Задачи с закрепленным временем для автономных и неавтономных систем. Задача терминального управления.
3. Вариационное исчисление и оптимальное управление: Обобщенное уравнение Эйлера—Лагранжа. Интегральная форма уравнений Эйлера—Лагранжа. Разрывы и условия скачка. Условия Вейерштрасса—Эрдмана для точек излома. Условия Лежандра—Клебша. Условие Вейерштрасса. Условия трансверсальности. Ограничения в форме равенств и множители Лагранжа. Задачи с ограничениями в форме неравенств.
4. Линейные оптимальные быстродействия:
5. Теоремы о числе переключений. Теоремы единственности. Теоремы существования оптимального управления. Особые оптимальные управления. Доказательство принципа максимума.
6. Обратные задачи теории оптимальных процессов: восстановление траекторий, идентификация параметров уравнений. Линейные и нелинейные методы наименьших квадратов: целевые функции, единственность, устойчивость, состоятельность, вычислительные алгоритмы. Суммарные динамические системы, восстановление сигналов и уравнений трендов.

Теория расписаний

Авторы: к.ф.-м.н. Тахонов И.И., к.ф.-м.н., доц. Черных И.Д.

Цель дисциплины – познакомить студентов с основными моделями теории расписаний, научить методам исследования задач, построению эффективных алгоритмов точного и приближенного решения, доказательству NP-трудности задач (в обычном и сильном смысле), построения аппроксимационных схем.

Содержание курса:

1. Задачи теории расписаний. Разнообразие моделей и постановок задач теории расписаний. Примеры постановок.
2. Общая постановка задачи теории расписаний.
3. Обшепринятая нотация и классификация задач теории расписаний. Ее недостатки.
4. Задача календарного планирования. Алгоритмы ее решения.
5. Одностадийные задачи теории расписаний. Задачи с одной машиной. Задачи с единичными длительностями операций и отношениями предшествования.
6. Одномашинные задачи с разрешением прерываний. Полиномиально разрешимые задачи, составление алгоритмов точного решения. NP-трудные задачи, методы доказательства NP-трудности
7. Задачи с параллельными машинами. Примеры полиномиальных алгоритмов решения задач. Примеры NP-трудных задач.
8. Модель Flow Shop. Задача Джонсона. Перестановочные расписания. Задача Flow Shop с прерываниями. Соотношения между оптимумами задач.
9. Алгоритм склеивания работ и применение метода ветвей и границ для нахождения интервалов локализации оптимумов.
10. Алгоритмы точного решения задачи Джонсона с двумя машинами
11. NP-трудность задачи Flow Shop с тремя машинами, без прерываний и с разрешением прерываний. NP-трудность трехмашинной задачи с двумя операциями каждой работы
12. Полиномиально разрешимые подклассы задачи Джонсона с тремя машинами. Достаточные условия сводимости Глебова. Разрешимый случай Серваха.
13. Задача Job Shop. Полиномиально разрешимые подслучаи. NP-трудность задачи с тремя операциями работы. Геометрическая интерпретация задачи с двумя работами.
14. Задача Open Shop. Классическая и обобщенная постановка. Нормальные расписания. Разрешимость двухмашинной задачи, алгоритм Гонзалеза-Сани. NP-трудность задачи с тремя машинами.
15. Двухстадийная задача Open Shop. Полиномиально разрешимые подслучаи трехмашинной задачи. NP-трудность четырехмашинной задачи. Открытые вопрос.

16. Плотные расписания и их свойства. Жадные алгоритмы. Приближенные решения задачи Open Shop с оценкой точности 2. Гипотеза Чена-Струсевича.
17. Теорема о локализации оптимумов трехмашинной задачи. Гипотеза о локализации оптимумов задачи с произвольным числом машин.
18. Задача Open Shop с разрешением прерываний. Алгоритм точного решения. Проблема минимизации числа прерываний. Оценка необходимого числа прерываний для трехмашинной задачи.
19. Аппроксимационная схема для решения задачи Open Shop
20. Полиномиально разрешимые подклассы задачи Open Shop в терминах неравномерной нагрузки машин. Нормальные подклассы и нормализующие векторы.
21. Задача Open Shop с маршрутизацией машин. NP-трудность задачи с двумя машинами и двухвершинной транспортной сети. Связь с задачей комивояжера. Алгоритм Кристофидеса-Сердюкова приближенного решения метрической задачи комивояжера.
22. Алгоритмы приближенного решения двухмашинной задачи. Алгоритм с оценкой точности 7/4. Улучшенный алгоритм с оценкой точности 13/8. Приближенный алгоритм для решения задачи при известном кратчайшем обходе графа.
23. Приближенные алгоритмы для m-машинной задачи Open Shop с маршрутизацией машин.
24. Задача Open Shop с марширутизацией машин и разрешением прерываний. Алгоритм точного решения для двухвершинной сети. NP-трудность для нефиксированного числа машин. Открытые вопросы.
25. Постановка задачи «с одной поездкой». Интервалы локализации оптимумов задач в различных постановках, связь между оптимумами задач. Открытые вопросы.
26. Заключительная лекция. Наиболее насущные открытые вопросы теории расписаний.

Теория графов
Автор: к.ф.-м.н., доц. А. Н. Глебов

Содержание курса:

1. Основные определения и обозначения, связанные с графами и орграфами (понятия графа, мультиграфа, псевдографа, орграфа, смежность и инцидентность вершин и ребер, степени вершин, лемма о рукопожатиях, подграфы (в том числе порожденные и остовные), дополнение графа, полные и пустые графы, k-дольные графы, r-регулярные графы, изоморфизм и автоморфизм графов, маршруты, цепи, пути и циклы, связные графы, компоненты связности, расстояние между вершинами, диаметр графа и т.д.).
2. Способы задания графов. Матрицы смежности и инцидентности, их свойства. Связь между матрицей смежности и числом маршрутов заданной длины.
3. Двудольные графы. Критерий двудольности графа.
4. Леса и деревья. Теорема о характеризации деревьев. Корневые и остовные деревья.
5. Степенные последовательности графов, мультиграфов и псевдографов, их характеризации. Реализация графических последовательностей связными графами, лесами и деревьями.
6. Вершинная и реберная k-связность графов, числа вершинной и реберной связности, их свойства.
7. Точки сочленения, мосты и блоки графа. Теорема о характеризации вершинно двусвязных графов. Взаимное расположение двух блоков в графе. Граф блоков и точек сочленения, теорема о его строении.
8. Обходы графов. Гамильтоновы циклы и цепи. Простейшие необходимые условия гамильтоновости графа. Достаточные условия: теоремы Оре и Дирака. Задача коммивояжера.
9. Эйлеровы циклы и цепи. Критерий эйлеровости графа. Алгоритм Флери.
10. Сети и потоки в сетях. Задача о максимальном потоке. Разрезы, остаточные сети и дополняющие пути. Теорема Форда-Фалкерсона о максимальном потоке и минимальном разрезе.
11. Наборы непересекающихся цепей, соединяющих два подмножества вершин графа (орграфа). Вершинная и реберная теоремы Менгера (ориентированный и неориентированный варианты).
12. Критерии вершинной и реберной k-связности графов (теоремы Уитни).
13. Независимые множества вершин и ребер графа, паросочетания. Вершинные и реберные покрытия, доминирующие множества, r-факторы и r-факторизации. Числа независимости и покрытия, их свойства.Теорема Галлаи.
14. Паросочетания и чередующиеся цепи. Характеризация наибольших паросочетаний графа в терминах чередующихся дополняющих цепей.
15. Паросочетания, покрывающие долю двудольного графа. Связь с системами различных представителей. Теоремы Холла, их следствия (1-

факторизуемость регулярного двудольного графа, критерий существования паросочетания заданной мощности в двудольном графе).

16. Теоремы Кенига о числе реберной независимости двудольного графа и о (0,1)-матрицах. Связь между задачами о наибольшем паросочетании, о наименьшем вершинном покрытии двудольного графа и о максимальном потоке.

17. Критерий Татта существования 1-фактора в произвольном графе.

18. Теоремы Петерсена о разбиении кубического графа на 1-фактор и 2-фактор и о 2-факторизуемости регулярных графов четной степени.

19. Раскраски вершин графов, k-раскрашиваемые, k-хроматические и критические графы. Хроматическое числа графа, его простейшие верхние и нижние оценки. Раскраска k-вырожденных графов. Теорема Брукса.

20. Раскраски ребер графов и мультиграфов. Понятие хроматического индекса. Теоремы Визинга и Шэннона, неулучшаемость их оценок. Хроматический индекс двудольного графа.

21. Предписанные раскраски вершин и ребер графов. Связь между обычными и предписанными раскрасками. Оценка предписанного хроматического числа через число вырожденности графа. Предписанный хроматический индекс двудольного графа. Гипотеза о предписанном хроматическом индексе.

22. Плоские и планарные графы. Грани плоского графа, ранг грани в связном графе. Графы выпуклых многогранников.

23. Формула Эйлера и ее следствия. Верхние оценки числа ребер планарных графов. Максимальные планарные графы, плоские триангуляции и четыреангуляции.

24. Критерий планарности Понтрягина-Куратовского.

Комбинаторные задачи на графах Кэли
Автор: к.т.н., доц. Константинова Е.В.

Целями освоения дисциплины «Комбинаторные задачи на графах Кэли» являются:
1) знакомство слушателей с основными теоретическими и алгоритмическими методами и подходами при решении комбинаторных задач на графах Кэли;
2) выработка навыков анализа прикладных задач, возникающих в смежных областях знаний (в первую очередь, в компьютерных науках, молекулярной биологии и биоинформатике), а также навыков их формулирования на языке графов Кэли;
3) выработка умения исследовать поставленные задачи, эффективно используя полученные знания теории графов Кэли, а также выработка умения формулировать результаты исследо-ваний в виде конкретных рекомендаций в терминах, используемых в предметной области.

Для достижения этих целей в рамках курса проводится знакомство студентов как с классически-ми задачами теории графов Кэли (гамильтоновость, определение диаметра, классификация, изоморфизм, перечисление), так и с прикладными задачами (сортировка реверсалами, эффективное восстановление вершин). Освоив дисциплину, обучающийся приобретает навыки построения и исследования математических моделей при решении междисциплинарных задач, а также теоретические и практические знания в области теории графов Кэли.

<u>Содержание курса:</u>

1. Историческое введение. Основы теории графов Кэли. Группы и графы: понятия, определения, примеры.
2. Основные свойства графов Кэли. Графы Хэмминга, Джонсона, Кнесера.
3. Гамильтоновость графов Кэли. Гипотезы Ловаса и Бабаи.
4. Определение диаметра графов Кэли (абелевы, неабелевы группы). Открытые проблемы.
5. Сортировка реверсалами – прикладная задача.
6. Эффективное восстановление вершин в графе: задача теории кодирования.
7. Графы Кэли и сети. Классические задачи на графах Кэли и сетях.

Теория статистических решений
Автор6 д.т.н., доц. Бериков В.Б.

Курс «Теория статистических решений» является оригинальным в данной области знаний (теоретическая кибернетика, искусственный интеллект). Актуальность данной дисциплины определяется тем, что научная деятельность любого математика в естественнонаучных областях связана с обработкой экспериментальных данных (наблюдений) и принятием на основе результатов анализа оптимальных решений. А для этого необходимо знание фундаментальных теоретических и практических основ указанной дисциплины.

В результате изучения курса у студентов механико-математического факультета должно сформироваться представление об основных понятиях теории статистических решений. Студенты познакомятся с современными компьютерными методами анализа статистических данных, реализованными в различных статистических пакетах. Курс даст основные практические навыки решения задач, встречающихся в различных областях прикладных исследований, связанных с анализом данных.

Содержание курса:

1. Введение. Основные понятия. Задачи анализа данных. Задача распознавания образов.
2. Дискриминантная (решающая) функция. Риск, вероятность ошибки. Оптимальная (байесовская) решающая функция.
3. Оценивание распределений по выборке.
4. Решающая функция при многомерных нормальных распределениях (равные матрицы ковариаций). Случай двух образов.
5. Решающая функция при многомерных нормальных распределениях (произвольные матрицы ковариаций). Случай двух образов.
6. Построение решающих функций в пространстве бинарных, номинальных переменных. Наивный байесовский классификатор.
7. Разложение в ряд Бахадура.
8. Восстановление смеси распределений. EM-алгоритм и его модификации. Смесь нормальных распределений.
9. Непараметрический подход к построению решающих функций. Непараметрическая оценка многомерных плотностей.
10. Окно Парзена. Метод ближайших соседей.
11. Оценивание качества решающих функций. Скользящий экзамен. Проблема переобучения. Оценки Вапника-Червоненкиса.
12. Оценивание качества решающих функций с использованием модели нормального распределения.
13. Байесовский подход к оцениванию качества решающих функций (дискретный случай).
14. Анализ оперативных ROC-кривых.
15. Классификация с помощью линейных функций. Линейный дискриминант Фишера.
16. Метод опорных векторов.

17. Основы нейросетевого подхода в распознавании образов.
18. Методы распознавания образов, основанные на нахождении логических закономерностей. Критерии закономерностей.
19. Алгоритмы «Кора», «Темп», «Коралл» поиска закономерностей в таблицах данных.
20. Алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок.
21. Класс логических решающих функций (ЛРФ) от разнотипных переменных.
22. Деревья решений. Критерии качества деревьев решений.
23. Методы построения деревьев решений. Алгоритмы ID3, C4.5. Редуцирование деревьев решений. Алгоритм CART. Рекурсивный алгоритм построения дерева.
24. Построение коллективного решающего правила. Алгоритмы бустинга деревьев решений.
25. Случайный лес решений, его характеристики.
26. Байесовская модель распознавания по конечному множеству событий и ее применение для оценивания качества деревьев решений.
27. Задача регрессионного анализа. Основные модели регрессии. Оценивание параметров регрессионной модели.
28. Проблемы мультиколлинеарности, гетероскедастичности и автокоррелированности в регрессионном анализе.
29. Построение деревьев регрессии. Коллектив деревьев регрессии.
30. Основные модели анализа временных рядов. Методы анализа многомерных разнотипных временных рядов с использованием логических решающих функций.
31. Кластерный анализ. Основные алгоритмы кластерного анализа: к-средних, иерархические алгоритмы, алгоритм кратчайшего незамкнутого пути.
32. Критерии качества кластерного анализа.
33. Таксономические решающие деревья в кластерном анализе.
34. Коллективный подход в кластерном анализе.