

Теоретические основы информатики (1 год)

д.ф.-м.н., проф. В.А.Васенин, к.ф.-м.н., вед.н.с. А.С.Шундеев

Тема 1. Регулярные языки и конечные автоматы.

1. Понятие формального языка. Операции над языками. Задание языков с помощью формальных грамматик. Иерархия Хомского.
2. Детерминированный конечный автомат (ДКА). Распознавание языка с помощью ДКА. Приведенный (минимальный) ДКА.
3. Недетерминированный конечный автомат (НКА). Теорема Рабина-Скота об эквивалентности НКА и ДКА. Недетерминированный конечный автомат с ϵ -переходами (ϵ -НКА). Теорема об эквивалентности НКА и ϵ -НКА.
4. Регулярные языки. Теорема Клини. Свойства регулярных языков. Лемма о накачке для регулярных языков.

Основная литература

Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений: Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2008. - 528 с.: ил.

Тема 2. Контекстно-свободные языки и построение компиляторов.

1. Контекстно-свободные (КС) языки и грамматики. Деревья вывода. Лемма о накачке для КС-языков. Свойства КС-языков.
2. Автомат с магазинной памятью (МПА). Эквивалентность МПА и КС-грамматик.
3. Нисходящие синтаксические анализаторы. LL(1)-грамматики. Алгоритм построения МП-автомата для анализа LL(1)-грамматики. Метод рекурсивного спуска.
4. Общая схема LR-анализа. Алгоритм построения LR(0)-анализатора. Алгоритм построения SLR(1)-анализатора.

Основная литература

Замятин А.П., Шур А.М. Языки, грамматики, распознаватели: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. - 248 с.

Тема 3. Алгоритмы и вычислимые функции.

1. Интуитивное и формализованное понятие алгоритма и вычислимой функции. Частично рекурсивные функции. Тезис Черча.
2. Машины Тьюринга (МТ). Существование алгоритмически неразрешимых массовых проблем (проблема останова, проблема равенства слов в полугруппах).
3. Рекурсивные и рекурсивно-перечислимые множества. Существование нерекурсивного рекурсивно-перечислимого множества.
4. Теорема о существовании универсальной частично-рекурсивной функции.

Основная литература

Мальцев А.И. Алгоритмы и рекурсивные функции. – 2-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 386 с.

Тема 4. Сложность вычислений.

1. Сложности алгоритмов (временные и пространственные затраты). Сложность в худшем случае. Теорема об ускорении.
2. Задачи распознавания свойств. Класс сложности **P**. Недетерминированные МТ. Класс сложности **NP**.
3. Теорема о существовании алгоритмической задачи, не принадлежащей классу **P**. Теорема о решении детерминированным алгоритмом задачи из класса **NP**.
4. Полиномиальная сводимость и **NP**-полные задачи. Теорема Кука. Основные **NP**-полные задачи (3-выполнимость, трехмерное сочетание, вершинное покрытие, клика, гамильтонов цикл, разбиение).

Основная литература

Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.

Тема 5. Верификация программ.

1. Математическая модель программы. Язык и семантика блок-схем. Математическая модель требований. Понятия предусловия и постусловия.
2. Дедуктивная верификация программ. Понятия частичной корректности, полной корректности и успешной завершаемости программ.
3. Доказательство корректности программ. Метод индуктивных утверждений Флойда. Метод фундированных множеств Флойда.

4. Доказательство полной корректности программы целочисленного деления при помощи методов Флойда.

Основная литература

Д.В. Буздалов, Е.В. Корныхин, А.А. Панфёров, А.К. Петренко, А.В. Хорошилов. Практикум по дедуктивной верификации программ: учебно-методическое пособие. - М. Издательский отдел факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2014. - 100 с.

Дополнительная литература

Андерсон Р. Доказательство правильности программ: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 168 с., ил.

Тема 6. Автоматическое доказательство теорем.

1. Логика высказываний. Интерпретация формул. Общезначимость и противоречивость. Нормальные формы.
2. Логика первого порядка. Интерпретации формул. Предваренные нормальные формы.
3. Скулемовские стандартные формы. Эрбрановский универсум множества дизъюнктов. Семантические деревья. Теорема Эрбрана.
4. Метод резолюций для логики высказываний. Подстановка и унификация. Алгоритм унификации. Метод резолюций для логики первого порядка.

Основная литература

Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем: Пер. с англ / Пол ред. С.Ю. Маслова. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 360 с.

Тема 7. Информация и колмогоровская сложность.

1. Три подхода (комбинаторный, вероятностный, алгоритмический) к определению понятия «количество информации».
2. Связь количества информации по Шеннону со стоимостью двоичного кодирования.
3. Свойства колмогоровской сложности. Теорема Соломонова-Колмогорова. Алгоритмическая неразрешимость колмогоровской сложности.
4. Связь колмогоровской сложности и шенноновской энтропии.

Основная литература

Верещагин Н.К. и др. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность / Н.К. Верещагин, В.А. Успенский, А. Шень. - М.: МЦНМО, 2013. - 576 с.

Тема 8. Машинное обучение.

1. Основные понятия статистического машинного обучения. Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Многомерная линейная регрессия.
2. Задача классификации. Байесовский классификатор. Метод К-ближайших соседей. Логистическая регрессия.
3. Деревья принятия решений. Алгоритм построения регрессионного дерева. Классифицирующие деревья. Ансамбли классификаторов. Случайные леса решений.
4. Задача кластеризации. Метод К-средних. Иерархическая кластеризация.

Основная литература

James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. – Springer, 2013. – 425 p.

Дополнительная литература

Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов: Пер. с англ / Пол ред. Ю.И. Журавлева. – М.: Мир, 1978. – 412 с.

С.П. Чистяков. Случайные леса: обзор // Труды Карельского научного центра РАН. - № 1, 2013. - С. 117 - 136.