

Программа курса «Функциональное программирование» (весна 2012, предварительная версия)

Лектор: Денис Николаевич Москвин

Лекция 1. 10.02.12 (пт) Лямбда-исчисление

Введение. Функциональное и императивное программирование. Лямбда-исчисление. Применение и абстракция. Свободные и связанные переменные. Комбинаторы. Функции нескольких переменных, каррирование. Подстановка, лемма подстановки. Бета-преобразование. Эта-преобразование. Расширение чистого лямбда-исчисления: дельта-преобразование.

Практика: Лямбда-исчисление как язык программирования. Булевы значения, пары. Каррирование. Числа Чёрча, простейшие операции над ними.

Лекция 2. 17.02.12 (пт) Рекурсия и редукция

Теорема о неподвижной точке, Y-комбинатор. Редексы. Одношаговая и многошаговая редукция. Нормальная форма. Редукционные графы. Теорема Чёрча-Россера. Следствия: редуцируемость к нормальной форме, единственность нормальной формы. Стратегии редукции. Теорема о нормализации. Механизмы вызова в функциональных языках.

Практика: Числа Чёрча: предшествование, вычитание. Примитивная рекурсия. Списки. Комбинаторы неподвижной точки Карри и Тьюринга.

Лекция 3. 24.02.12 (пт) Просто типизированное лямбда-исчисление

Роль типов в языках программирования. Предтермы. Утверждения о типизации. Контексты. Правила типизации по Карри и по Чёрчу. Деревья вывода типов. Свойства типизированного лямбда-исчисления. Связь между системами Карри и Чёрча. Проблемы разрешимости. Сильная и слабая нормализация. Соответствие Карри-Говарда.

Практика: Вывод типов в системах Карри и Чёрча просто типизированного лямбда-исчисления. Незамкнутость просто типизированной системы относительно экспансии.

Лекция 4. 02.03.12 (пт) Введение в Haskell

Стандарт языка. Компилятор GHC. Интерпретатор GHCi. Hoople. Связывание. Кодирование функций. Рекурсия. Основные синтаксические конструкции. Система модулей. Частичное применение, каррирование. Инфиксные операторы, сечения. Бесточечный стиль.

Практика: Кодирование рекурсивных функций.

Лекция 5. 09.03.12 (пт) Программирование на языке Haskell

Ошибки. Основание. Строгие и нестрогие функции. Ленивое и энергичное исполнение. Функция seq. Алгебраические типы данных. Сопоставление с образцом, его семантика. Объявления type и newtype. Метки полей.

Практика: Списки, стандартные функции для работы с ними. Функции высших порядков. «Бесконечные» структуры данных. Генерация (выделение) списков.

Лекция 6. 16.03.12 (пт) Система типов Haskell

Параметрический и специальный полиморфизм. Классы типов. Объявления представителей (instance declaration). Пример: классы Eq и Ord.

Операторы над типами как параметры в определении класса. Класс типов Functor. Реализация классов типов.

Практика: Стандартные классы типов: Enum и Bound, Num и его наследники, Show и Read.

Лекция 7. 23.03.12 (пт) Аппликативные функторы и свёртки

Законы для функторов. Класс типов Applicative и его представители. Два способа объявления списка аппликативным функтором. Класс Alternative. Моноиды. Представители класса типов Monoid. Свёртки списков. Правая и левая свёртки. Ленивые и энергичные версии свёрток. Класс типов Foldable.

Практика: использование аппликативных функторов и свёрток.

Лекция 8. 30.03.12 (пт) Монады

Монады. Класс типов Monad. Пример: монада Identity. Законы класса типов Monad. do-нотация. Монада Maybe: вычисления, которые могут завершиться неудачей. Монада списка: вычисления со множественными результатами.

Практика: Программирование с помощью стандартных монад.

Лекция 9. 06.04.12 (пт) Использование монад

Ввод-вывод в чистых языках. Монада IO. Взаимодействие с файловой системой. Монады для записи в лог, чтения из внешнего окружения и работы с изменяемым состоянием: Reader, Writer, State.

Практика: Ввод-вывод. Работа с псевдослучайными величинами.

Лекция 10. 13.04.12 (пт) Трансформеры монад

Класс Alternative. Парсеры регулярных выражений. Класс MonadPlus. Монада Error: вычисление, которое может вызвать исключение. Монада Cont: управление порядком вычислений. Проблема комбинирования монадических эффектов. Трансформеры монад.

Практика: Монадические вычисления с множественными эффектами.

Лекция 11. 20.04.12 (пт) Вывод типов

Вывод типов. Главный (наиболее общий) тип. Свойства подстановки типов. Композиция подстановок. Унификатор, теорема унификации. Главная пара. Алгоритм Хиндли-Милнера.

Практика: Реализация алгоритма вывода типов на Haskell.

Лекция 12. 27.04.12 (пт) Полиморфные системы типов

Сильный и слабый полиморфизм. Let-полиморфизм. Полиморфизм высших рангов. Универсальные абстракция и применение. Импредикативность. Сильная нормализация. Программирование в полиморфных системах.

Практика: Обобщенные алгебраические типы данных (GADTs). Экзистенциальные типы.

Лекция 13. 04.05.12 (пт) Параметричность

Параметричность как свойство полиморфных систем. Теорема Рейнольдса. Свободные теоремы для полиморфных типов.

Практика: Оптимизации с помощью правил переписывания в GHC. Правило fold/build.

Лекция 14. 11.05.12 (пт) Зависимые типы

Система с зависимыми типами. Семейства типов. Виды для семейств типов. Тип зависимого произведения. Logical Framework: представление различных логик в системе с зависимыми типами.

Практика: Семейства типов в Haskell. Программирование на типах.

Лекция 15. 18.05.12 (пт) Чисто функциональные структуры данных

Неизменяемые структуры данных и эффективные алгоритмы для них. Роль ленивости. Амортизированная сложность. Зипперы. Список с произвольным доступом (flexible array).

Лекция 16. 25.05.12 (пт) ??????????????????

???????????