



**Сошников Дмитрий Валерьевич**

к.ф.-м.н., доцент

dmitryso@microsoft.com

# Функциональное программирование



Факультет инноваций и высоких технологий  
Московский физико-технический институт

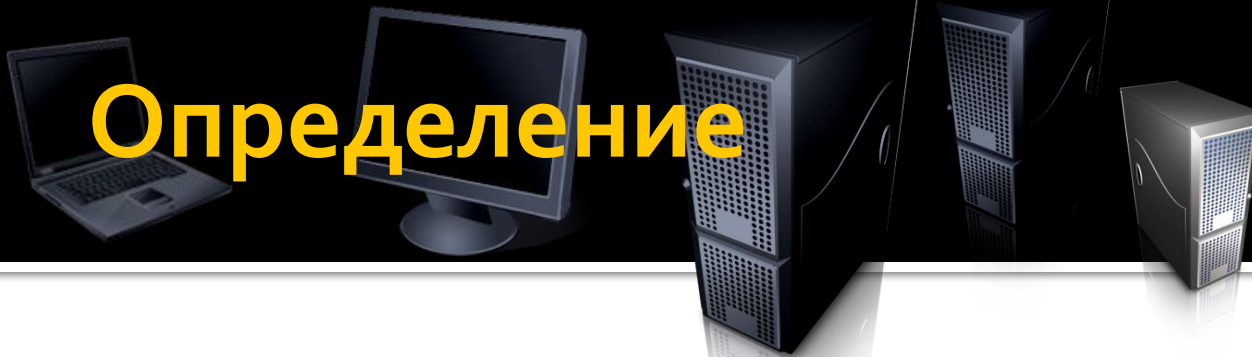
# Лекция 4

Функциональное  
программирование в  
реальной жизни

# Множество Мандельброта



# Определение



- $z_{n+1}(c) = z_n^2(c) + c, z_0(c) = 0; z \in \mathbb{C}$
- $M = \{ c \in \mathbb{C} \mid \lim z_n(c) < \infty \}$
- $M' = \{ c \in \mathbb{C} \mid |z_{20}(0)| < 1 \}$

# Реализация F#



```
let mandelf (c:Complex) (z:Complex) = z*z+c;;  
let ismandel c = Complex.Abs(repeatN 20 (mandelf c) (Complex.zero))<1.0;;
```

```
let rec for1 a b f =  
  if a>=b then f(b)  
  else  
    begin f(a); for1 (a+1) b f end ;;  
  
let scale (x:float,y:float) (u,v) n = float(n-u)/float(v-u)*(y-x)+x;;  
  
for1 1 60 (fun i ->  
  for1 1 60 (fun j ->  
    let lscale = scale (-1.2,1.2) (1,60) in  
    let t = complex (lscale j) (lscale i) in  
    Console.Write(if ismandel t then "*" else " ")  
  );  
  Console.WriteLine("")  
);;
```

# WinForms



```
#light
open System.Drawing
open System.Windows.Forms

let form =
    let image = new Bitmap(400, 400)
    let lscale = scale (-1.0,1.0) (0,400)
    forl 0 (image.Height-1) (fun i ->
        forl 0 (image.Width-1) (fun j ->
            let t = complex (lscale i) (lscale j) in
            image.SetPixel(i,j,if ismandel t then Color.Black else Color.White)
        ))
    let temp = new Form()
    temp.Paint.Add(fun e -> e.Graphics.DrawImage(image, 0, 0))
    temp

[<STAThread>]
do Application.Run(form) ; ;
```





# Где сейчас используется ФП?



- Mainstream языки программирования:
  - C# 3.0, следующий стандарт C++
  - Java.next (Clojure, Groovy, JRuby, Scala)
  - LINQ
  - XSLT
- Excel Spreadsheets

Функциональный язык F# входит как один из трех языков в поставку Visual Studio 10



# ФП в реальных проектах



- Autocad
- emacs (LISP)
- HeVeA
- Проекты в рамках Microsoft и MSR
  - F# Compiler
  - Driver code verification
  - AdCenter Challenge

# The adCenter Challenge

red shoes Page 1 of 13,272,452 results · Options · Advanced

**Red Shoes on eBay** - [www.ebay.co.uk](http://www.ebay.co.uk) SPONSORED SITES  
 Fantastic prices on women's shoes. Feed your passion on eBay.co.uk

**Buy Red Shoes** - [www.freemans.com](http://www.freemans.com)  
 Buy from the official Freemans site with fast & free home delivery.

**Buy & Save on Red Shoes** - [www.montage.co.uk](http://www.montage.co.uk)  
 Ladies can shop online at montage & enjoy a 10% first order discount!

**Buy Women's Footwear** SPONSORED SITES  
 Grattan.co.uk has what you need. Great choice & free home delivery.  
[www.grattan.co.uk](http://www.grattan.co.uk)

**red shoes**  
 Shopping for shoes? See them on our fashion site.  
[thinkfashion.com](http://thinkfashion.com)

**Red Shoes at BizRate**  
 Compare thousands of UK shops to find consumer reviews & low prices.  
[bizrate.co.uk](http://bizrate.co.uk)

**Shop for**  
 Buy at SHOP.COM. Tons of shoe stores, just one website!  
[shop.com](http://shop.com)

See your message here...

REDSHOES  
2002年、伝説のロックバー「レッドシューズ」が西麻布に復活！美味しい ... フレーム対応のブラウザでご覧ください

[www.redshoes.jp](http://www.redshoes.jp) · [Cached page](#)

**Two Red Shoes: News**

28 th March: New Prices. Please see the new prices for Pilates ; Personal Training and Sports Massage Therapy ! Gift vouchers are now available. Whether you want to treat someone to a massage or give ...

[www.tworedshoes.co.uk](http://www.tworedshoes.co.uk) · [Cached page](#)

**Two Red Shoes: News**

31 st March: Street Team Required. two red shoes is looking for people to join its street team. To fulfil this role you will be highly motivated, energetic and dedicated to customer service.

[www.tworedshoes.co.uk/news.php](http://www.tworedshoes.co.uk/news.php) · [Cached page](#)

[+Show more results from www.tworedshoes.co.uk](#)

**Red Chili Shoes**

**Red Chili Shoes** : The Best Rock Shoes In The World : Red Chili shoes are the coolest shoe brand out there and Wild Country is proud to be a part of the team, as a distributor, part owner and ...

[www.wildcountry.co.uk/Products/RedChiliShoes](http://www.wildcountry.co.uk/Products/RedChiliShoes) · [Cached page](#)

**Blood Red Shoes Tour Dates & Tickets**

Comprehensive and up-to-date guide to what's on in the UK, including live music, clubs, cinema ... Blood Red Shoes - Blood Red Shoes are a girl/boy guitar/drums shout-rock duo from London ...

©2008 Сошкинов Д.

# Внутреннее соревнование



- 4 месяца на программирование
- 1 месяц на обучение
- **Задача:**
  - На основе обучающих данных за несколько недель (просмотры страниц) предсказывать вероятность перехода по ссылке
- **Ресурсы:**
  - 4 (2 x 2) 64-bit CPU machine
  - 16 Гб ОП
  - 200 Гб НЖМД

# Масштаб проблемы



- **Объем входных данных**  
**7,000,000,000 записей, 6 терабайт**
- **Время ЦП на обучение:**  
2 недели × 7 дней × 86,400 сек/день =  
**1,209,600 секунд**
- **Требования к алгоритму обучения:**
  - **5,787 записей / сек**
  - **172.8 μs на одну запись**

# Решение



13

- 4 недели кодирования, 4 эксперта в области Machine Learning
- 100 миллионов вероятностных переменных
- Обработано 6 терабайт обучающих данных
- Обработка в реальном времени!

# Наблюдения



## Быстрое кодирование

- Вывод типов – меньше печатать, больше думать

## Agile-стиль

- Думаем в терминах предметной области, не языка

## Скриптинг

- Интерактивное «исследование» данных и тестирование алгоритмов
- Совместно с Excel

## Производительность

- Немедленное масштабирование на огромные массивы данных

## Экономный расход памяти

- Огромные структуры данных на 16 Гб

## Выразительный синтаксис

- Краткий код позволяет легко осуществлять рефакторинг и реиспользование

## Символьная обработка

- Метaprogramмирование

## Интеграция с .NET

- В том числе Excel, SQL Server



# Какие задачи хорошо решаются на функциональных языках?



- Обработка данных
  - Синтаксический разбор
  - Компиляторы, преобразования программ
  - Data Mining
- Традиционное мнение: плохо решаются UI-задачи
  - Смотрим пример!



# Особенности ФП



- Отсутствие операторов присваивания и побочных эффектов
- Функции-как-данные – между функциями и данными не делается явного различия, в чистом ФП «все есть функция»
- Декларативное программирование
- Высокая функциональная абстракция
- Более короткий и выразительный код
  - За счет автоматического вывода типов
  - За счет отсутствия операторов присваивания
- Прозрачная семантика, близость к математическому понятию функции
  - Возможность рассуждать о программах, доказывать их свойства

# О курсе

# Что будем изучать

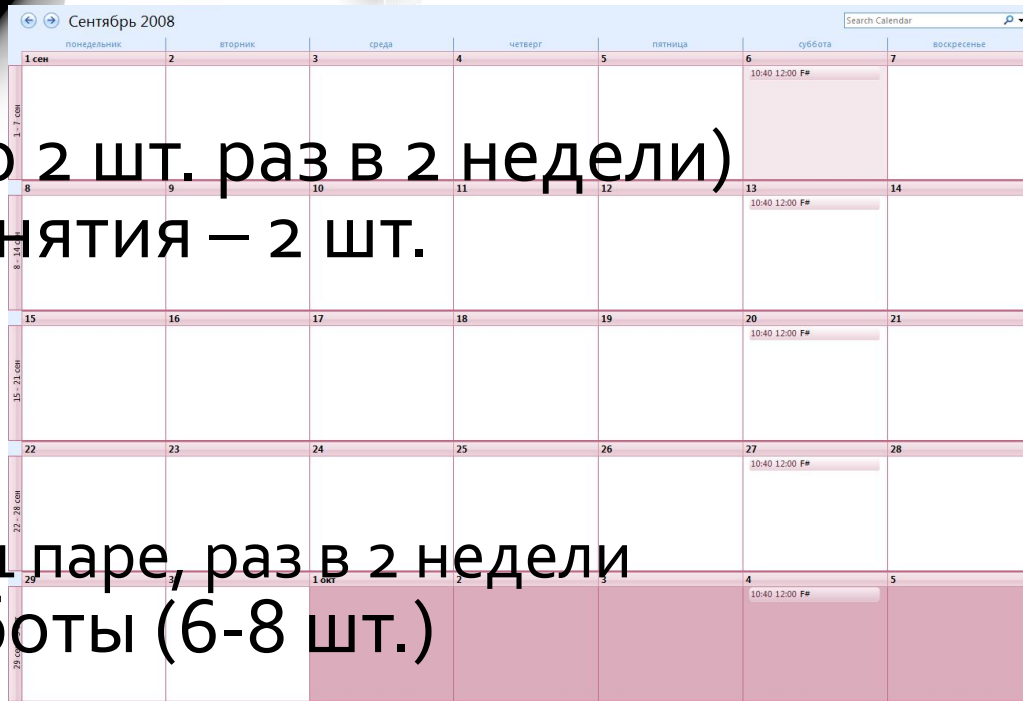


- Принципы функционального программирования
- Математическая теория в основе функционального программирования –  $\lambda$ -исчисление
- Семантика функциональных языков, вопросы реализации
- Языки функционального программирования:
  - Базовый язык - F#
  - Семейство ML-языков: OCaml, Caml Light, ML, SML
  - Другие похожие языки: Haskell, Nore, ...
  - Классика ФП – LISP
  - Примеры на C#, XSLT, ...

# Что нас ждет?



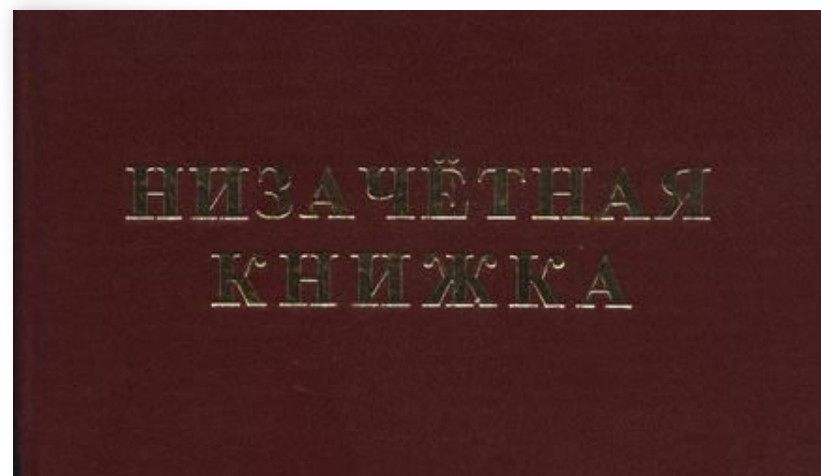
- Лекции – 14 шт. (по 2 шт. раз в 2 недели)
- Интерактивные занятия – 2 шт.
  - Доклады
  - Обсуждения
- Семинары
  - по подгруппам, по 1 паре, раз в 2 недели
- Лабораторные работы (6-8 шт.)
  - выполняются дома самостоятельно
  
- <http://functional.soshnikov.com>



# Критерии оценки



- Экзамен (письменный, 5 вопросов) – 50%
  - Лабораторные работы – 25% - ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ!
  - Самостоятельная работа (доклады, выступления на семинарах, вопросы, дополнительная работа) – 25%
- 
- 5 – 75%
  - 4 – 60%
  - 3 – 50%

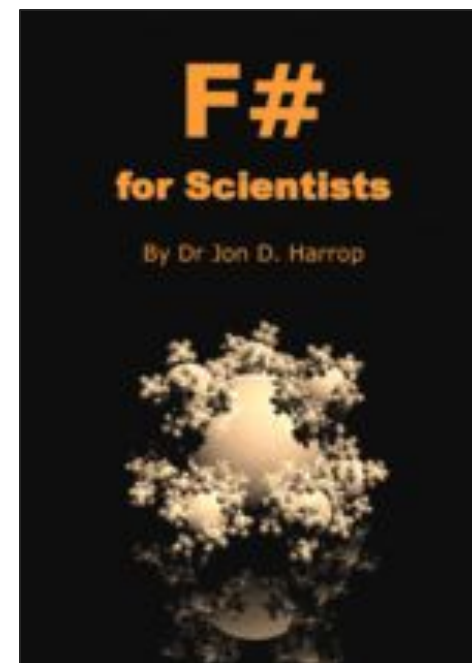
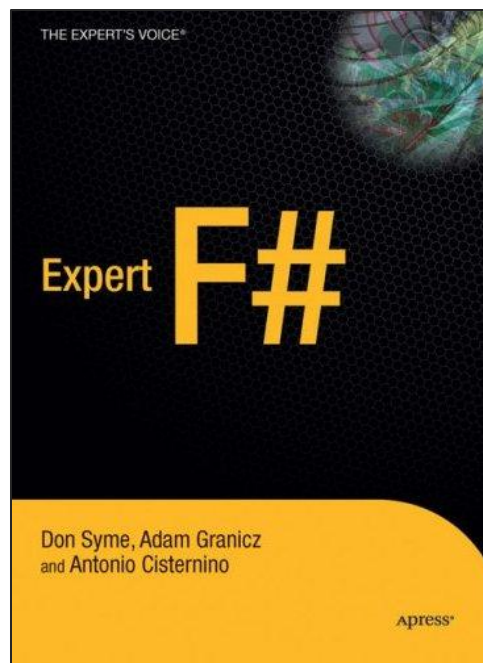
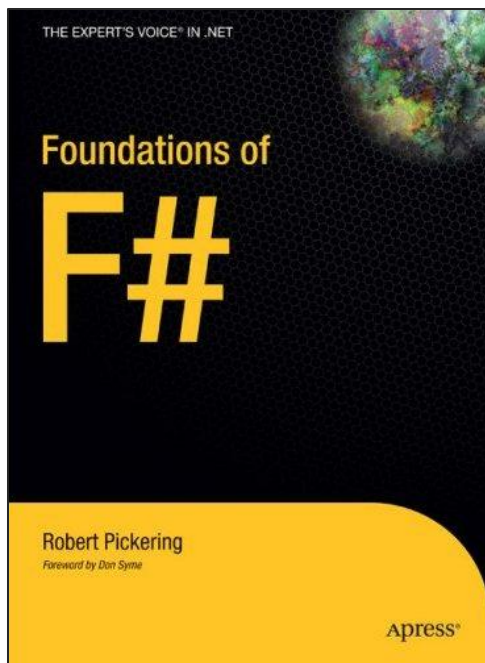
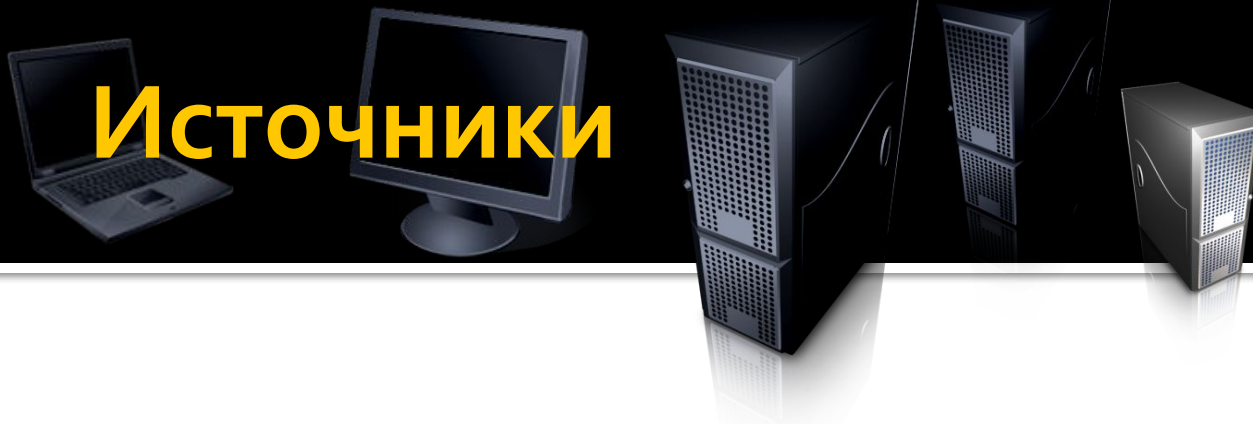


# Варианты самостоятельной работы



- Научно-исследовательская работа
- Выполнение полу-исследовательского проекта
- Выступление с докладом (15-20 мин.)
  - Функциональное программирование в реальном мире
  - Разбор масштабного примера (Fractal-3D, график функции)
  - Обзор библиотеки / fsharp samples
  - Обзор языка функционального программирования
    - Функционально-стековый язык catl

# Источники





# Источники



- <http://functional.soshnikov.com>
- Филд А., Харрисон П. Функциональное программирование. – М.: Мир, 1993.
- Harrison, J. Introduction to Functional Programming. Lecture Notes, Cambridge University, 1997.
- R.Pickering, **Foundations of F#**, A-Press, 2008.
- D.Syme, A.Granicz, A.Cisternio. **Expert F#**. A-Press, 2008
- E. Chailloux, P. Manoury, B.Pagano. Разработка программ с помощью Objective Caml. O'Reilly. Русский перевод: <http://shamil.free.fr/comp/ocaml/>
- Хювёнен Э., Сеппенен И. Мир Lisp'a. В 2-х томах. М.: Мир, 1990.
- J.Harrop, **F# for Scientists**, Wiley, 2008.
- Thompson S. Haskell: The Craft of Functional Programming. 2-nd edition, Addison-Wesley, 1999.
- <http://www.codeplex.com/fsharpsamples>