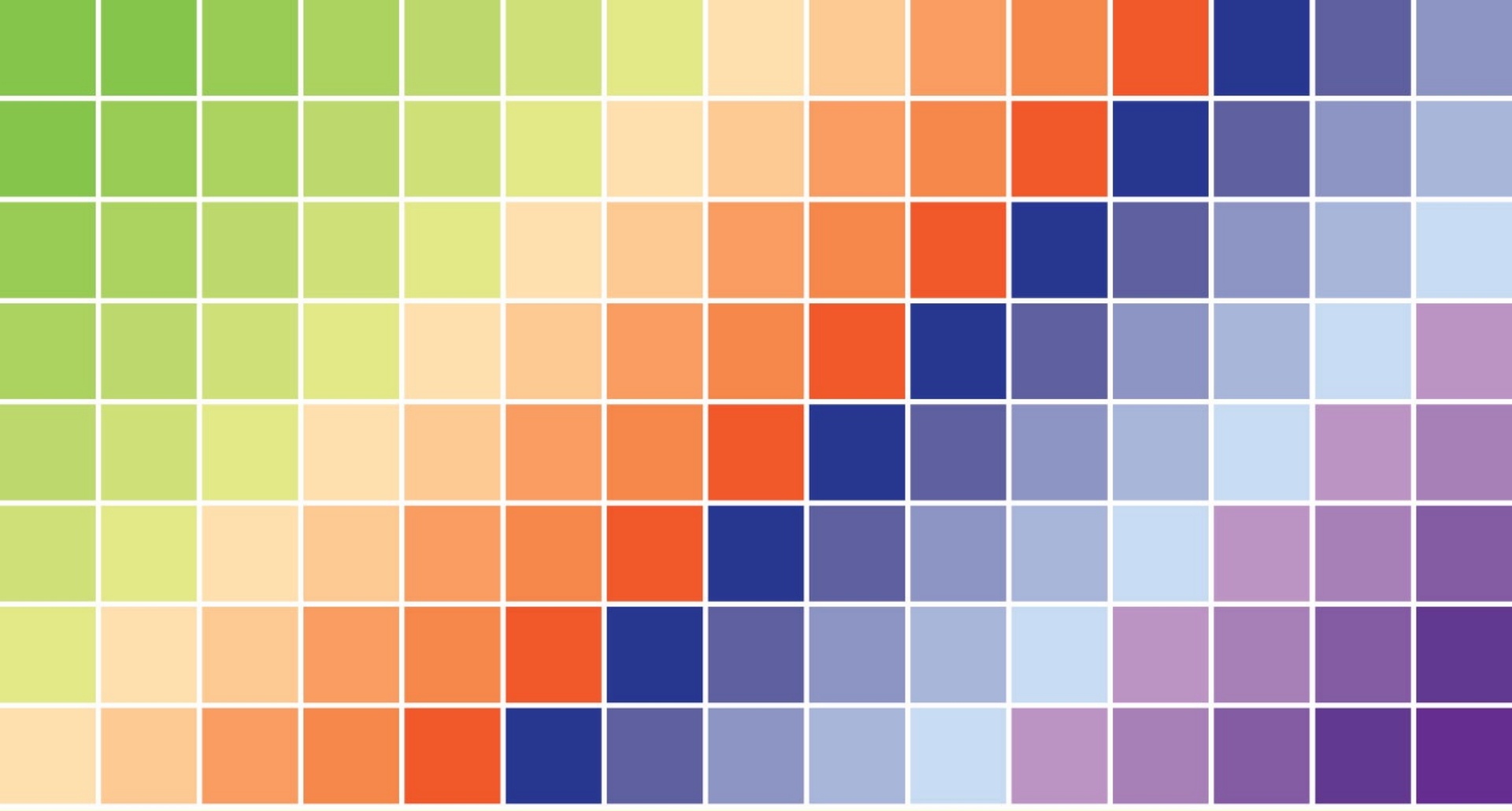


School of Computer Science

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА PYTHON

Лекции для IT-школы

ПАРАДИГМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

- **Императивное** – последовательность инструкций, контекст, разбиение программы с помощью функций
- **Декларативное** – описывается задача и ожидаемый результат, но не её решение
- **ООП** – программа манипулирует набором объектов, имеющих своё состояние и набор методов для изменения этого состояния
- **Функциональное** – решение задачи разбивается на цепочку функций, которые только принимают параметры и возвращают значения, не изменяя состояния объектов

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПАРАДИГМА (ФП)
ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- Процесс вычислений в ФП трактуется как вычисление значений функций в их математическом понимании
- В этом отличие от функций как подпрограмм в процедурном стиле
- В полностью функциональной парадигме нет переменных, вся программа состоит из последовательных вызовов функций
- В ФП не предполагается сохранение промежуточного состояния программы

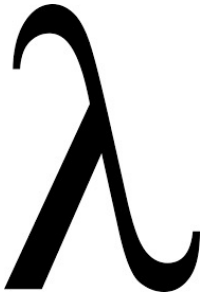
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПАРАДИГМА
ПРЕДПОСЫЛКИ

- В 30-ых годах в Принстоне собрались Алан Тьюринг, Джон фон Нейман, Курт Гёдель и **Аллонзо Чёрч**

- Интересуясь формальными системами вычислений они пытались ответить на такие вопросы:
  - Какие задачи можно решать на машине с бесконечными вычислительными возможностями?
  - Можно ли решать эти задачи автоматически?
  - Существуют ли неразрешимые задачи и почему?
  - Будут ли машины с разной архитектурой одинаковыми по мощности?

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПАРАДИГМА
ТЕОРИЯ

- Использует математическую теорию лямбда-исчисления Алонзо Чёрча (1936)
- Основана на функциях, которые принимают в качестве аргументов функции, и возвращают функцию
- Такая функция была обозначена греческой буквой Лямбда, что дало название всей системе



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПАРАДИГМА
ПРАКТИЧЕСКОЕ ВОПЛОЩЕНИЕ

- В конце 50-ых Джон Маккарти стал проявлять интерес к работам Черча

- В 1958 году он представил язык обработки списков **Lis**t **P**rocessing Language (Lisp)

- Lisp – имплементация Лямбда-исчисления Алонзо, которая работает на машинах с архитектурой фон Неймана
- 1973 г построена аппаратная Lisp-машина

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ПРИМЕР ПРОГРАММЫ НА LISP

```
(defun encr(l,a)
   (cond
         ((null l) l
         )
         ((atom (car l))
           (cond
             ( (> (car l) 0) (cons (+ (car l) a)  (encr (cdr l) a) )
             )
             (t (encr (cdr l) a) )
           )
         )
         ( t
            ( cons (encr (car l) a) (encr (cdr l) a))
         )
  )
)

(defun main()
  (setq l '(1 -2 (3 5) -2 4 (6 -2)))
  (setq l1 (encr l 1))
)
(main)
```

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

КАК?

- Вычисления программируются путем комбинирования функций, которые:
  - не изменяют свои аргументы
  - не обращаются к переменным, определяющим состояние программы и не изменяют эти переменные
  - не зависят от внешней среды
  - результаты своей работы поставляют только в виде возвращаемых значений

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД

- Программа (её фрагмент) рассматривается как вычисление математических функций
- Не используются состояния (переменные)
- Функции являются «чистыми», т.е. они:
  - Не меняют глобальных переменных
  - Ничего никуда не посылают, не принимают извне, не сохраняют и не печатают
  - Делают вычисления, учитывая только аргументы, и возвращают новые данные
  - При этом отсутствуют какие-либо побочные эффекты, только возвращается результат
- ФП в Python включает:
  - **Развитые средства работы с коллекциями**
  - **Использование lambda, map, filter, reduce**

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ЗАЧЕМ?

- Возможность написания программ, работающих параллельно:
  - Конкурентность/параллелизм/многопоточность – одновременное выполнение нескольких вычислительных процессов, которые взаимодействуют друг с другом
- «Чистота» функций (нет побочных эффектов), позволяет кэшировать их результаты для последующего использования
- Используется в задачах с высокой вычислительной сложностью
- **ФП упрощает работу с коллекциями**

ЯЗЫКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

- LISP, диалекты Scheme (Racket) и Clojure
- Haskell – чисто функциональный язык
- Erlang − ФП с поддержкой процессов
- Kotlin, Scala − ФП + ООП
- XSLT, Xquery − для работы с XML
- R, Mathematica – ФП для мат. статистики

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

- Запросите у пользователя 2 целых числа
- Выведите сумму этих чисел
- Программу нужно написать в стиле ФП:
  - Можно использовать только функции
  - Нельзя использовать промежуточные переменные
- Обработка ошибок ввода не требуется

ЭЛЕМЕНТЫ ФП В PYTHON

Я никогда не считал, что на Python оказали заметное влияние функциональные языки, что бы кто об этом ни говорил или ни думал. Я был значительно лучше знаком с императивными языками типа C или Algol и, хотя **сделал функции полноправными объектами**, никогда не рассматривал Python как язык функционального программирования.

– Гвидо Ван Россум

пожизненный великодушный диктатор Python

http://bit.ly/1FHfhIo – из блога Гвидо «История Python»

ФУНКЦИИ КАК ПОЛНОПРАВНЫЕ ОБЪЕКТЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- Полноправный объект или **объект первого класса** – это элемент программы, который:
  - Может быть создан во время выполнения
  - Может быть присвоен переменной или полю структуры данных
  - **Может быть передан функции в качестве аргумента**
  - **Может быть возвращен функцией в качестве результата**

- См. скрипт func_as_an_object.py

ПЕРЕДАЧА ФУНКЦИИ КАК АРГУМЕНТА

- Функции – такие же объекты как строки, числа, списки, и т.д.
- Функции можно присваивать переменным, хранить, и даже передавать как параметр другой функции
- Переменная, содержащая функцию, может инициировать ее вызов через ()
- Пример: apply.py

ФУНКЦИИ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

- Принимают другие функции в качестве аргументов
  и/или
- Могут возвращать функцию как результат своей работы

- Примеры: sort(), sorted(), max(), min()

- Можно разрабатывать собственные функции высшего порядка

РАСПАКОВКА АРГУМЕНТОВ ФУНКЦИИ
ПОЗИЦИОННЫЕ АРГУМЕНТЫ

- Унарный оператор(*) – это оператор распаковывания последовательностей

- Используется:
  - При передаче аргументов из последовательности в функцию
  - При описании функции с переменным числом позиционных параметров

- См. примеры в args.py

РАСПАКОВКА АРГУМЕНТОВ ФУНКЦИИ
ИМЕНОВАННЫЕ АРГУМЕНТЫ

- Унарный оператор(**) – это оператор распаковывания словарей
- Используется:
  - При передаче аргументов из словаря в функцию
  - При описании функции с переменным числом именованных параметров
- Ключи словаря выступают в роли имен параметров функции
- См. примеры в kwargs.py

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
ПОДМЕНА ФУНКЦИИ

- Имеется программа с функцией print()
- Не меняя программы нужно добавить “>>>” для каждого вывода print()
- Сделайте это, используя ФП:

```
>>> print(12)
12
>>> x = 3
>>> print(x)
3
>>> print('abc', 2.18)
abc 2.18
```

```
>>> print('abc', 2.18)
>>> abc 2.18
>>> x = 8
>>> print(x)
>>> 8
>>> print('abc', 2.18)
>>> abc 2.18
```

ВКЛЮЧЕНИЕ СПИСКОВ

- Другие названия:
  - List comprehension
  - Списковые включения
  - Списочные выражения
  - Генератор списка
- **Включение – компактный способ создания списка, позволяющий** объединять циклы и условные проверки
- Синтаксис:
  - **[statement for var in iterable if predicate]**
- Примеры: list_comrehen.py

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
ВИСОКОСНЫЕ ГОДЫ

- Год является високосным если:
  - его номер кратен 4, но не кратен 100
  - или же если он кратен 400
- Создайте список, содержащий все високосные годы текущего столетия
- Напишите этот код алгоритмически
- А затем перепишите с использованием спискового включения (list comprehension)
- Какой из этих вариантов более краткий?
- Какой из них более понятен для вас?

ВКЛЮЧЕНИЕ ДРУГИХ КОЛЛЕКЦИЙ

- Включение словаря:
  {key:value for var in iterable if predicate}
- Примеры: dict_comprehen.py

- Включение множества:
  {statement for var in iterable if predicate}
- Примеры: set_comprehen.py

ЛЯМБДА-ФУНКЦИИ (СМ. LAMBDA.PY)
АНОНИМНЫЕ «ФУНКЦИИ ПО МЕСТУ»

- Объявляются так:
  - **lambda [parameters]: expression**
  - parameters – необязательный список параметров через запятую
  - expression не может содержать присваивания, условные инструкции и циклы, а также return
- Возвращают значение expression
- Нужны для создания однострочных функций, как правило с целью их моментального и единоразового использования
- Используются обычно в качестве аргументов функций высшего порядка

См. MAP_FILTER_REDUCE.PY
ОТОБРАЖЕНИЕ – MAP()

- **Отображение** – это запуск функции для каждого элемента итерируемого объекта
- Отображение возвращает новый итерируемый объект, каждый элемент которого представляет результат вызова функции для соответствующего элемента в оригинальном объекте
- Отображение реализуется функцией map() и выражением-генератором

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
ВВОД ЧИСЕЛ В СТРОКУ И В СТОЛБИК

- В заданиях по программированию (ЕГЭ, олимпиады) бывает необходимо ввести с клавиатуры массив из N чисел
- С использованием **ФП на Python** эта задача решается **в одну строку кода**
- Напишите 2 варианта для ввода N чисел с их сохранением в списке:
  1. Ввод чисел через пробел в одну строку, пока пользователь не нажмёт Enter
  2. Ввод N чисел через Enter «столбиком»
- Проверку на корректный формат чисел делать не нужно

См. map_filter_reduce.py
Фильтрация – filter()

- **Фильтрация** – совместное использование функции и коллекции для получения нового итерируемого объекта, в состав которого включаются все те элементы оригинальной коллекции, для которых функция вернула значение True

- Это понятие поддерживается встроенной функцией filter() и с помощью условного выражения-генератора

См. map_filter_reduce.py
Упрощение – reduce()

- **Упрощение** – совместное использование функции и коллекции для получения в качестве результата отдельного значения
- Это понятие поддерживается функцией functools.reduce()
- Идея reduce() – применить некую операцию к каждому элементу последовательности с аккумулированием результатов и тем самым, свести (редуцировать) последовательность значений к одному

УПРОЩЕНИЕ.
ДРУГИЕ РЕДУЦИРУЮЩИЕ ФУНКЦИИ

Вызов	Описание
all(it)	True, если все элементы итерируемого объекта it в логическом контексте оцениваются как значение True
any(it)	True, если хотя бы один элемент итерируемого объекта it в логическом контексте оценивается как значение True
max(it [, key]), min(it [, key])	Возвращает наибольший/наименьший элемент в итерируемом объекте it или элемент с наибольшим/наименьшим значением key(item), если функция key определена
sum(…)	Сумма значений итерируемого объекта

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
ПОДСЧЕТ СУММЫ МОДУЛЕЙ

- Нужно в одну строку кода посчитать сумму модулей чисел, сохраненных в списке
- Используйте функциональный подход
- Не используйте присваивания, print(), …
- Напишите в Shell только выражение, вычисляющее сумму в одной строке
- Из нескольких возможных решений используйте самое короткое

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
SORT() КАК ФУНКЦИЯ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

- Дан список [128, 11, 47, 564, 2, 90]
- Используйте sort() как функцию высшего порядка для сортировки по последней цифре каждого элемента списка
- Используйте функциональный подход
- Не используйте присваивания, print(), …
- Напишите в Shell только сортирующее выражение, в одной строке

ЧАСТИЧНО ПОДГОТОВЛЕННЫЕ ФУНКЦИИ

- Можно создавать функции из существующих функций с указанием некоторых аргументов в них

- Используется:
  - Для упрощения кода
  - Вместо перегруженных вариантов функции с одним и тем же именем в других языках

- См. примеры в func_partial.py

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

ВОПРОСЫ ?

School of Computer Science