

Занятие 3: Функции. Модули. Классы.

Практикум на ЭВМ 2019/2020

Попов Артём Сергеевич
ред. Липкина Анна Львовна

МГУ имени М. В. Ломоносова, факультет ВМК, кафедра ММП

Организация кода

Функции, модули, классы устраняют необходимость вставлять в программу избыточные копии блоков одинакового кода.

Грамотная организация кода позволяет:

- ▶ Максимизировать многократное использование кода
- ▶ Минимизировать избыточность кода
- ▶ Упростить отладку кода
- ▶ Упростить написание тестов
- ▶ Улучшить читаемость кода
- ▶ Улучшить логику кода

Синтаксис

Определение функции:

```
>>> def f(x):  
...     """This function does nothing"""  
...     return x
```

У аргументов функции могут быть значения по умолчанию:
(такие аргументы всегда идут в конце)

```
>>> def f(x, y, z=0):  
...     return x + y * z
```

При вызове функции могут использоваться именованные аргументы (всегда идут за позиционными):

```
>>> f(1, 2)  
>>> f(1, z=2, y=1)
```

Методы функции

Всё в Python — объект, функция тоже объект!

У функции есть некоторые атрибуты:

```
>>> f.__doc__  
"This function does nothing"  
>>> f.__dict__ # список атрибутов функции  
{}
```

Функция со счётчиком запусков:

```
>>> def f(x):  
>>>     """This function does nothing"""  
...     if 'f_count' in f.__dict__:  
...         f.f_count += 1  
...     else:  
...         f.f_count = 1  
...     return x
```

Значения по умолчанию: проблемы

Не нужно использовать изменяемые объекты в качестве значений по умолчанию:

```
>>> def function(list_of_items, my_set=set()):  
...     final_list = list()  
...     for item in list_of_items:  
...         if item not in my_set:  
...             my_set.add(item)  
...             final_list.append(item)  
...     return final_list  
...
```

Значения по умолчанию: проблемы

Не нужно использовать изменяемые объекты в качестве значений по умолчанию:

```
>>> def function(list_of_items, my_set=set()):  
...     final_list = list()  
...     for item in list_of_items:  
...         if item not in my_set:  
...             my_set.add(item)  
...             final_list.append(item)  
...     return final_list  
...  
  
>>> my_list = [1, 2, 3]  
>>> function(my_list)  
[1, 2, 3]  
>>> function(my_list)  
[]
```

Функции с переменным числом аргументов

У функции может быть произвольное число неименованных и именованных аргументов:

```
>>> def f(*args, **kwargs):  
...     if 'x' in kwargs:  
...         print(kwargs['x'])  
...     print(args)  
...     print(kwargs)  
...  
>>> f(3, 1, 7, x=1, y=8)  
1  
(3, 1, 7)  
{'x': 1, 'y': 8}  
>> f(*[3, 1, 7], **{'x' : 1, 'y' : 8})  
1  
(3, 1, 7)  
{'x': 1, 'y': 8}
```

Преобразование контейнеров в аргументы

* перед контейнером преобразует его в аргументы функции

```
>>> my_list = [1, 2, 3]
>>> # две эквивалентные записи
>>> f(my_list[0], my_list[1], my_list[2])
>>> f(*my_list)
```

`zip()` соединяет несколько контейнеров в контейнер кортежей:

```
>>> your_list = ['a', 'b', 'c']
>>> t = list(zip(my_list, your_list))
>>> t
[(1, 'a'), (2, 'b'), (3, 'c')]
```

Обратное преобразование с использованием *:

```
>>> list(zip(*t))
[(1, 2, 3), ('a', 'b', 'c')]
```


Пример: функция минимума

Функция минимума из двух элементов:

```
>>> def min(x, y):  
...     return x if x < y else y
```

Функция минимума для произвольного числа аргументов:

```
>>> def min(*args):  
...     res = float('inf')  
...     for arg in args:  
...         if arg < res:  
...             res = arg  
...     return res
```

У такой реализации есть проблема:

Пример: функция минимума

Функция минимума из двух элементов:

```
>>> def min(x, y):  
...     return x if x < y else y
```

Функция минимума для произвольного числа аргументов:

```
>>> def min(*args):  
...     res = float('inf')  
...     for arg in args:  
...         if arg < res:  
...             res = arg  
...     return res
```

У такой реализации есть проблема:

```
>>> min()  
inf
```

Ограничения на аргументы

Более правильная реализация с обязательным аргументом:

```
>>> def min(first, *args):  
...     res = first  
...     for arg in args:  
...         if arg < res:  
...             res = arg  
...     return res
```

Ограничения на аргументы

Аргументы могут быть строго именованными:

```
>>> def f(x, *args, age):  
...     if age < 18:  
...         return 0  
...     return x + sum(args)  
...  
>>> f(1, 2, 20)
```

TypeError: f() missing 1 required keyword-only argument: 'age'

И можно писать даже так:

```
>>> def f(x, *, age):  
...     if age < 18:  
...         return 0  
...     return x + age  
...  
>>> f(1, 20)
```

TypeError: f() takes 1 positional argument but 2 were given

```
>>> f(1, age=20)
```

21

Области видимости

Область видимости — место, где определяются переменные и выполняется их поиск.

Правило LEGB — последовательный поиск имени в 4 областях:

L — local (все имена, которым присваиваются значения внутри функции)

E — enclosing (локальные области объемлющих функций)

G — global (имена на верхнем уровне модуля)

B — built-in (встроенные имена)

Явное изменение области видимости имени (L на E):

```
>>> def f():  
...     nonlocal y      # global y (L на G)  
...     y += 1
```

Пример работы LEGB

```
>>> x = 50
>>> y = 1
>>> def enc_func(x):
...     y = 30
...     def func(y):
...         nonlocal x
...         print(x + y)
...     func(11)
...
>>> enc_func(5)
???
```

Пример работы LEGB

```
>>> x = 50
>>> y = 1
>>> def enc_func(x):
...     y = 30
...     def func(y):
...         nonlocal x
...         print(x + y)
...     func(11)
...
>>> enc_func(5)
???
```

16

Для присваиваний LEGB не работает

Операция присваивания по умолчанию создаёт локальную переменную:

```
>>> x = 17
>>> def f():
...     print(x)
...     x = 5
```

UnboundLocalError: local variable 'x' referenced before assignment

Так она станет глобальной:

```
>>> x = 17
>>> def f():
...     global x
...     print(x)
...     x = 5
>>> f()
17
>>> x
5
```


Анонимные (lambda) функции

Когда нужно передать функцию в качестве аргумента или сделать короткую операцию несколько раз:

```
lambda x: x ** 2 + x - 1
```

~

```
>>> def f(x):  
...     return x ** 2 + x - 1
```

Можно присвоить переменной анонимную функцию (так писать не надо!):

```
>>> f = lambda x: x ** 2  
>>> f(2)  
4
```

Применение lambda функций

Использование анонимной функции в функции sorted:

```
>>> l = [(1, 0), (1, 1), (1, 2), (0, 3), (2, 1)]  
>>> # по умолчанию сортируется по первому элементу  
>>> sorted(l)  
[(0, 3), (1, 0), (1, 1), (1, 2), (2, 1)]  
  
>>> # сортируется по второму элементу  
>>> sorted(l, key=lambda x: x[1])  
[(1, 0), (1, 1), (2, 1), (1, 2), (0, 3)]  
  
>>> # сортируется по произведению  
>>> sorted(l, key=lambda x: x[0] * x[1])  
[(1, 0), (0, 3), (1, 1), (1, 2), (2, 1)]
```

Синтаксис

Модуль — файл с расширением .py

Оператор `import` импортирует указанный модуль и создаёт на него ссылку в текущей области видимости:

```
>>> import my_module  
>>> my_module.function_in_module()
```

С помощью оператора `as` можно изменить имя переменной, в которую будет записана ссылка на модуль:

```
>>> import my_module as mm
```

С помощью связки `from ... import` можно импортировать имя из другого модуля в текущую область видимости:

```
>>> from my_module import function_in_module
```

Ещё о модулях

Если в втором аргументе `from ... import` указать `*`, импортируются все глобальные имена модуля или все переменные, записанные в `__all__` (так писать не рекомендуется!).

У модуля есть некоторые атрибуты:

```
>>> import my_module
>>> my_module.__name__
'my_module'
>>> my_module.__file__
'/home/user/Programs/my_module.py'
```

У модулей, переданных на выполнение интерпретатору,
`__name__ == "__main__"`

Импортирование модуля

Что происходит при импортировании модуля:

1. Поиск файла модуля
(по директориям, находящимся в переменной `sys.path`)
2. Компиляция в байт-код
(если нет актуальной скомпилированной версии модуля)
3. Запуск программного кода модуля

Если в модуле что-то изменилось, его необходимо перегрузить:

```
>>> import importlib  
>>> importlib.reload(my_module)
```

Магическая команда %autoreload в jupyter notebook

- ▶ %autoreload 2 — перезагружать все загруженные модули при выполнении кода в каждой ячейке (за исключением прописанных в %aimport -foo)
- ▶ %autoreload 1 — перезагружать все модули, загруженные с помощью %aimport, при выполнении кода
- ▶ %autoreload 0 — отключить автоматическую перезагрузку
- ▶ %aimport foo — импортировать foo и включить для него автоматическую перезагрузку
- ▶ %aimport -foo — выключить для foo перезагрузку

```
>>> %load_ext autoreload
```

```
>>> %autoreload 1
```

```
>>> %aimport module
```

```
>>> module.variable
```

```
5
```

```
>>> # изменили модуль
```

```
>>> module.variable
```

```
7
```

Проверка стиля PEP8

- ▶ Существует утилита командной строки autorpep8
- ▶ Для проверки в jupyter notebook нужно поставить следующие библиотеки:
`pip install flake8 pycodestyle pycodestyle_magic.`
Ссылка на либу
- ▶ В ячейках пишем:

```
%load_ext pycodestyle_magic  
%pycodestyle_on # включает проверку PEP8  
%pycodestyle_off # выключает проверку PEP8
```

Когда `__name__ == "__main__"`

Модуль может содержать не только функции или классы, но и исполняющие их инструкции.

Чтобы эта часть кода не выполнялась при импорте, её заключают в специальный блок:

```
def sin(x):  
    return x - x ** 3 / 6  
  
if __name__ == '__main__':  
    print('test my method')  
    print(sin(3.14))  
    print(sin(0))  
    print('end of test')
```


Синтаксис

Объявление класса:

```
>>> class MyClass:
...     def __init__(self, value):      # конструктор класса
...         self.value = value
...
...     def get_value(self):
...         return self.value
```

При вызове класса порождается его экземпляр:

```
>>> x = MyClass()
```

Каждый объект экземпляра наследует атрибуты класса и приобретает свое собственное пространство имен

Атрибуты экземпляров класса

Атрибут класса \neq атрибут экземпляра

Атрибуты экземпляра добавляются к экземпляру с помощью использования `self` или прямым присваиванием к экземпляру:

```
>>> class MyClass:
...     def __init__(self, value):
...         self.value = value
...
>>> new_obj = MyClass(2)
>>> new_obj.obj_attr = -2
```

`value` и `obj_attr` — атрибуты экземпляра класса

Атрибуты класса

Атрибут класса \neq атрибут экземпляра

Атрибуты класса объявляются в теле класса или прямым присваиванием к классу. Изменение атрибута класса отразится на всех его экземплярах:

```
>>> class MyClass:
...     class_attr = 0
...     def __init__(self, value):
...         self.value = value
...
>>> new_obj = MyClass()
>>> MyClass.second_class_attr = '127'
>>> new_obj.second_class_attr
'127'
```

`class_attr` и `second_class_attr` — атрибуты класса

Связанные и несвязанные методы

У связанного метода первый аргумент — соответствующий экземпляр класса:

```
>>> class MyClass:
...     def my_method(self):
...         print('Do nothing')
...
>>> x = MyClass()
>>> x.my_mehtod() # связанный метод
'Do nothing'
```

Несвязанному методу необходимо явно передать первым аргументом экземпляр класса:

```
>>> the_same_method = MyClass.my_method # несвязанный метод
>>> the_same_method()
TypeError: my_method() missing 1 required positional
argument: 'self'
>>> the_same_method(x)
'Do nothing'
```

Внутренние атрибуты классов и экземпляров

```
>>> class MyClass:
...     """Documentaion"""
...     def __init__(self, value):
...         self.value = value
...
...     def one_method():
...         print('Do nothing')
...
>>> x = MyClass(17)
>>> MyClass.__name__ # имя
'MyClass'
>>> MyClass.__doc__ # документация
'Documentaion'
>>> x.__dict__ # атрибуты экземпляра
{'value': 17}
```

ООП в Python

Классы — основной инструмент ООП в Python

Основные принципы ООП (wiki):

- ▶ Полиморфизм — свойство системы, позволяющее использовать объекты с одинаковым интерфейсом без информации о типе и внутренней структуре объекта
- ▶ Инкапсуляция — свойство системы, позволяющее объединить данные и методы, работающие с ними, в классе и ограничить к ним доступ.
- ▶ Наследование — свойство системы, позволяющее описать новый класс на основе уже существующего с частично или полностью заимствующейся функциональностью

Очевидно, что полиморфизм в Python есть :)

Наследование

Класс может наследовать другие классы:

```
>>> class Soldier:
...     def run(self):
...         print('run run')
...
...     def shoot(self):
...         print('shoot shoot')
...
>>> class Captain(Soldier):
...     def command(self, other_soldier):
...         other_soldier.run()
...
>>> s1 = Soldier()
>>> s2 = Captain()
>>> s2.command(s1)
run run
>>> s2.shoot()
shoot shoot
```

Пример конфликтной ситуации

```
>>> class A:
...     def get_attr(self):
...         return 'a'
...
>>> class B:
...     def get_attr(self):
...         return 'b'
...
>>> class C(A, B):
...     pass
...
>>> obj = C()
>>> obj.get_attr()
'a'
```


Разрешение конфликтов имён

При обращении к атрибуту/методу экземпляра поиск ведётся:

1. В самом экземпляре
2. В классе экземпляра
3. По иерархии наследования

При множественном наследовании Python использует алгоритм линейаризации C3 для определения вызываемого метода.

Получить порядок:

```
>>> C.__mro__  
__main__.C, __main__.A, __main__.B, object
```

Перегрузка конструктора наследника

Если у класса-наследника определён метод `__init__`, конструкторы родителей необходимо вызывать явно:

```
class Soldier:
    def __init__(self, speed=0):
        self.speed = speed

    def run(self):
        print('run ' * self.speed)

class Captain(Soldier):
    def __init__(self, speed=0, wisdom=0):
        Soldier.__init__(self, speed)
        self.wisdom = wisdom

    def command(self, other_soldier):
        for i in range(self.wisdom):
            other_soldier.run()
```

Перегрузка конструктора наследника

Другая реализация через `super()` (позволяет вызывать методы предков):

```
class Soldier:
    def __init__(self, speed=0):
        self.speed = speed

    def run(self):
        print('run ' * self.speed)

class Captain(Soldier):
    def __init__(self, speed=0, wisdom=0):
        super().__init__(speed)
        self.wisdom = wisdom

    def command(self, other_soldier):
        for i in range(self.wisdom):
            other_soldier.run()
```

Классы-примеси (mixin)

Если известно, что класс реализует некоторый интерфейс, можно использовать классы-примеси для его модификации:

```
>>> def get_speed(self):  
...     return self.speed  
>>> Soldier.get_speed = get_speed  
...  
>>> class Speed_calculations_mixin:  
...     def get_distance(self, time_sec):  
...         return super().get_speed() * time_sec  
...  
...     def get_time(self, distance):  
...         return distance / super().get_speed()  
...  
>>> class Major(Speed_calculations_mixin, Captain):  
...     pass
```

Перегрузка операторов

Перегрузка операторов реализуется за счёт написания *специальных методов* (`__method__`)

Некоторые из них:

- ▶ `__init__` — вызывается при создании нового экземпляра
- ▶ `__add__` — вызывается при сложении экземпляров
- ▶ `__repr__` — вызывается при выводе объекта
- ▶ `__getattr__` — вызывается при попытке прочитаты значение несуществующего атрибута
- ▶ `__getitem__` — взятие элемента по индексу

Полный список:

<https://docs.python.org/3/reference/datamodel.html#special-method-names>

Пример перегрузки операторов

```
>>> class vector(list):
...     def __init__(self, some_list):
...         self.values = some_list
...
...     def __add__(self, other_vector):
...         if len(self.values) == len(other_vector.values):
...             new_vector = vector([])
...             for elem in zip(self.values,
...                             other_vector.values):
...                 new_vector.values.append(elem[0] + elem[1])
...             return new_vector
...         else:
...             raise TypeError('Wrong dimensions')
...
...     def __getitem__(self, i):
...         if 0 <= i <= len(self.values):
...             return self.values[i]
```

Соккрытие атрибутов

В Python нет модификторов доступа к атрибутам и методам

К внутренним атрибутам принято добавлять в начале символ подчёркивания:

```
>>> class MyClass:
...     _important_attr = 32
```

При добавлении двух подчёркиваний атрибут будет автоматически получать более сложное название:

```
>>> class MyClass:
...     __very_important_attr = 32
...
>>> x = MyClass()
>>> x._very_important_attr
AttributeError: 'MyClass' object has no attribute ...
>>> x._MyClass__very_important_attr
32
```

Соккрытие атрибутов — перегрузка операторов

Для ограничения доступа к атрибутам можно перегрузить операторы `__setattr__` и `__getattr__` :

```
>>> class A:
...     def __init__(self, value):
...         self.value = value
...
...     def __setattr__(self, name, value):
...         print('set attribute', value)
...         self.__dict__[name] = value # словарь атрибутов
...
...     def __getattr__(self, name):
...         print('wrong attr')
...
>>> a = A(123)
'set attribute 123'
>>> a.some_attr
'wrong attribute'
```


Свойства

Протокол свойств позволяет направлять операции чтения, записи и удаления для отдельных атрибутов отдельным функциям и методам

```
attribute = property(fget, fset, fdel, doc)
```

- ▶ `fget` — функция, которая будет вызываться при попытке прочитать значение атрибута
- ▶ `fset` — функция, которая будет вызываться при попытке выполнить операцию присваивания
- ▶ `fdel` — функция, которая будет вызываться при попытке удалить атрибут.
- ▶ `doc` — передается строка документирования с описанием атрибута

Соккрытие атрибутов — свойства

```
>>> class A:
...     def __init__(self, value):
...         self._value = value
...
...     def get_val(self):
...         return self._value
...
...     def set_val(self, value):
...         print('set attribute', value)
...         self._value = value
...
...     value = property(get_val, set_val, None, "no doc")
...
>>> a = A(123)
>>> a.value = -1
'set attribute -1'
```

Атрибут `__slots__`

С помощью атрибута `__slots__` можно зафиксировать множество возможных атрибутов:

```
>>> class Point:
...     __slots__ = ['x', 'y']
...
...     def __init__(self, x, y):
...         self.x = x
...         self.y = y
...
...     def get_r(self):
...         return (self.x ** 2 + self.y ** 2) ** 0.5
...
>>> m = Point(3, 4)
>>> m.z = 5
```

`AttributeError: 'Point' object has no attribute 'z'`

Экземпляры с `__slots__` требуют меньше памяти (если в `__slots__` нет `__dict__`)

Классы для реализации алгоритмов

Основные сущности, с которыми мы будем работать (и их аналогии с обозначениями из курса ММРО):

- ▶ Конкретное семейство алгоритмов — класс `class A` (\mathcal{A} из ММРО)
- ▶ Алгоритм из семейства с заданными параметрами — экземпляр класса `a = A(some params)` ($a \in \mathcal{A}$)
- ▶ Алгоритм обучения — метод класса (`a.fit`) (подбор параметров параметрического семейства \mathcal{A})
- ▶ Получение предсказаний — метод класса (`a.predict`) (получение $a(x)$, где x — объект).

Какие преимущества у класса перед набором функций для реализации алгоритма?

Библиотека scikit-learn

Де-факто задала стандарт интерфейсов для алгоритмов машинного обучения.

Сайт библиотеки: <http://scikit-learn.org/stable/>

- + Огромное количество реализаций алгоритмов классификации, регрессии, кластеризации и т.д.
- + Отличная документация
- Не всегда эффективные реализации

Заключение

Несколько важных замечаний:

- ▶ Функции, модули и классы являются объектами в Python
- ▶ У функции может быть несколько аргументов
- ▶ Модули выполняются при импортировании!
- ▶ Класс и объект класса не одно и то же!
- ▶ Скрывать атрибуты класса возможно (но частично!)