

Итераторы и генераторы.

Емельянов А. А.
login-const@mail.ru

Как работает цикл for

```
for index in range(10):  
    pass  
  
for k, v in {1: 1, 2: 2}.items():  
    pass  
  
try:  
    for line in open("test.py"):  
        pass  
except Exception:  
    pass  
  
for sym in "some letters":  
    pass
```

Как работает цикл for

```
describe = lambda x: set(dir(x))
```

```
describe([]) & describe({}) & describe("") & describe(set()) - describe(5)  
{'__contains__', '__iter__', '__len__'}
```

`__contains__` - работает, когда вызывается конструкция *el in b*

`__len__` - длина элемента

`__iter__` -?

- **Итераторы** — это специальные объекты, предоставляющие последовательный доступ к данным из контейнера. Контейнер - любой объект, содержащий внутри себя другие объекты - например, список, кортеж, словарь и т.п.
- **Протоколы**
 - *Iterable*: должен быть определён метод `__iter__`, возвращающий итератор, экземпляр класса у которого определён метод `__next__` (например `self`), этот метод будет вызываться пока он не вернёт исключение `StopIteration`.
 - *Sequence*: должен быть определен метод `__getitem__` возвращающий элемент по индексу, или поднимающий исключение `IndexError`.

Функции `iter` и `next`

- В обоих случаях (протоколах итерирования) от объекта можно будет позвать функцию `iter(object)` возвращает итератор по `object`.
- От объекта, возвращаемого `iter` можно вызвать функцию `next(it)` возвращает следующее значение.

```
els = list(range(5))
it_els = iter(els)
# it_els = els.__iter__()
```

```
type(els), type(it_els), type(iter(it_els))
(list, list_iterator, list_iterator)
```

```
next(it_els), it_els.__next__(), next(it_els), next(it_els)
(0, 1, 2, 3)
```

```
print(*iter(it_els))
```

4

```
next(it_els)
```

```
-----
StopIteration                                Traceback (most recent call last)
<ipython-input-39-f4c8507427d2> in <module>()
----> 1 next(it_els)
```

StopIteration:

Собственные итерируемые объекты

- Метод `__iter__` должен возвращать итератор. Может возвращать `self`, то есть итерируемое может быть итератором у самого себя.
- Итератор должен иметь метод `__next__` – возвращающий следующее значение в последовательности, или выкидывающий `StopIteration` если последовательность кончилась.
- Итератор должен возвращать `self` из метода `__iter__`, то есть в Python все итераторы являются итерируемыми.
- Примеры: список, `file`, `dict`

Собственные итерируемые объекты

```
In [23]: class RangeIterator(object):
        def __init__(self, i, j):
            self.i = i #первое число
            self.j = j #последнее число

        def __iter__(self):
            return self

        def __next__(self):
            if self.i < self.j:
                ret_val = self.i
                self.i += 1
                return ret_val
            else:
                raise StopIteration("No more elements")

        pass

it = RangeIterator(10, 20)
print([x for x in it])
```

```
[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
```

Последовательности

- Метод `__getitem__` должен уметь возвращать элемент по индексу или поднимать исключение `IndexError`
- Пример: `str`

```
In [29]: class Indexer(object):  
         def __init__(self, max_index):  
             self.max_index = max_index  
  
         def __getitem__(self, idx):  
             if idx > self.max_index:  
                 raise IndexError(idx)  
             return idx  
         pass
```

```
In [30]: it = Indexer(5)  
         print([x for x in it])  
  
         [0, 1, 2, 3, 4, 5]
```


Преимущества итераторов в python

- Любой объект может быть итерируемым
- Память фактически не тратится, так как промежуточные данные выдаются по мере необходимости при запросе, поэтому фактически в памяти останутся только исходные данные и конечный результат, да и их можно читать и записывать, используя файл на диске.

Пере-использование итераторов (исчерпаемость)

Итератор самого себя

```
class RangeIterator1(object):
    def __init__(self, i, j):
        self.i = i #первое число
        self.j = j #последнее число
    def __iter__(self):
        return self
    def __next__(self):
        if self.i < self.j:
            ret_val = self.i
            self.i += 1
            return ret_val
        else:
            raise StopIteration("No more elements")
    pass

it = RangeIterator(10, 20)
print(list(it), list(it))

[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] []
```

Итератор по новому объекту

```
class RangeIteratorHelper(object):
    def __init__(self, i, j):
        self.i = i #первое число
        self.j = j #последнее число
    def __next__(self):
        if self.i < self.j:
            ret_val = self.i
            self.i += 1
            return ret_val
        else:
            raise StopIteration("No more elements")
    pass

class RangeIterator2(object):
    def __init__(self, i, j):
        self.i = i #первое число
        self.j = j #последнее число
    def __iter__(self):
        return RangeIteratorHelper(self.i, self.j)
    pass

it = RangeIterator2(10, 20)
print(list(it), list(it), sep="\n")

[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
```

Устройство цикла for

- Возможная реализация цикла for

```
els = list(range(5))  
it_els = iter(els)
```

```
for value in it_els:  
    some_action(value)
```

0
1
2
3
4

```
els = list(range(5))  
it_els = iter(els)
```

```
def some_action(value):  
    print(value)  
|  
while True:  
    try:  
        value = next(it_els)  
    except StopIteration:  
        break  
    some_action(value)
```

0
1
2
3
4

x in Iterable

```
class Dict(dict):  
    def __contains__(self, target):  
        for item in self:  
            if item == target:  
                return True  
        return False
```

```
d = Dict({1:1, 2:3})  
1 in d
```

True

- Словом «генератор» обычно обозначается функция-генератор (или метод-генератор), возвращающая итератор генератора. Однако иногда слово может быть использовано и для обозначения самого итератора. В случаях, когда контекст непонятен лучше использовать полные термины: функция-генератор и итератор генератора.
- Итератор генератора — это объект, порождаемый функцией-генератором.
- Генераторы являются простым средством для создания итераторов. Всё, что можно сделать при помощи генераторов можно также сделать при помощи итераторов, построенных на классах. Но в случае генераторов методы `__iter__()` и `__next__()` создаются автоматически, также автоматически возбуждается `StopIteration`, да и поддерживать генераторы проще и удобнее, чем реализовывать то же с использованием классов.
- Обычно генератор – это функция, имеющая внутри слово `yield`.

Пример генератора

```
def some_gen(x):  
    yield x  
    x += 10  
    yield x  
    print("End of generator")  
  
gen = some_gen(10)  
print(type(gen))  
print(next(gen)), print(list(gen)), print(next(gen)), print(list(gen))
```

```
<class 'generator'>  
10  
End of generator  
[20]
```

```
StopIteration                                Traceback (most recent call last)  
<ipython-input-11-1674f2c6b768> in <module>()  
      7 gen = some_gen(10)  
      8 print(type(gen))  
----> 9 print(next(gen)), print(list(gen)), print(next(gen)), print(list(gen))
```

```
StopIteration:
```

Пример генератора

```
def fibonacci(max_num=10):  
    a, b = 0, 1  
    while a < max_num:  
        # return a, + запоминает место рестарта для следующего вызова  
        yield a  
        a, b = b, a + b  
    pass  
  
# Используем генератор как итератор  
[number for number in fibonacci()]
```

[0, 1, 1, 2, 3, 5, 8]

Пример генератора

```
def even(iterable):  
    for idx in iterable:  
        if not idx % 2:  
            yield idx  
  
for idx in even(range(10)):  
    print(idx)
```

0
2
4
6
8

Функция map

```
: def _map(function, iterable):  
    for item in iterable:  
        yield function(item)  
    pass
```

```
: _ = list(_map(print, [1, 2, 3]))
```

```
1  
2  
3
```

```
: _ = list(map(print, [1, 2, 3]))
```

```
1  
2  
3
```

Функция filter

```
def _filter(function, iterable):  
    for item in iterable:  
        if function(item):  
            yield item  
    pass
```

```
_ = list(_map(print, _filter(lambda x: x % 2, range(10))))
```

```
1  
3  
5  
7  
9
```

```
_ = list(_map(print, filter(lambda x: x % 2, range(10))))
```

```
1  
3  
5  
7  
9
```

Функция zip

```
def _zip(*iterables):
    def zipped(iterables):
        while True:
            res = []
            end = False
            for iterable in iterables:
                try:
                    res.append(next(iterable))
                except StopIteration:
                    end = True
                    break
            if end:
                break
            else:
                yield tuple(res)
    return zipped(list(_map(iter, iterables)))
```

```
_ = list(map(print, _zip([1, 2, 3], range(4))))
```

(1, 0)

(2, 1)

(3, 2)

```
_ = list(map(print, zip([1, 2, 3], range(4))))
```

(1, 0)

(2, 1)

(3, 2)

Задача

- Дана последовательность N чисел. Необходимо посчитать суммы всех идущих друг за другом подпоследовательностей длины M . Т. е. если на вход подается `range(9)`, то ответом будет `[3, 12, 21]`.

Задача

- Дана последовательность N чисел. Необходимо посчитать суммы всех идущих друг за другом подпоследовательностей длины M. Т. е. если на вход подается `range(9)`, то ответом будет `[3, 12, 21]`.
- Решение:

```
N = 25
M = 5
it = iter(range(N))
list(map(sum, zip(*([it]*M))))
[10, 35, 60, 85, 110]
```

```
def chain(*iterables):  
    for iterable in iterables:  
        for it in iterable:  
            yield it  
list(chain(range(5), [10, 20], "test"))  
[0, 1, 2, 3, 4, 10, 20, 't', 'e', 's', 't']
```

Функция enumerate

```
def _enumerate(iterable):  
    i = 0  
    for it in iterable:  
        yield i, it  
        i += 1
```

```
list(_enumerate("test"))
```

```
[(0, 't'), (1, 'e'), (2, 's'), (3, 't')]
```

Применение генераторов

- С помощью генераторов можно просто реализовывать разные итераторы по коллекциям.

```
class BinaryTree:
    def __init__(self, value, left=None, right=None):
        self.value = value
        self.left, self.right = left, right

    def __iter__(self):
        for node in self.left:
            yield node.value
        yield self.value
        for node in self.right:
            yield node.value
```


Need more power!



yield from

- `yield from iterable` по существу, является лишь сокращенной формой `for item in iterable: yield item`.

```
class BinaryTree:
    def __init__(self, value, left=None, right=None):
        self.value = value
        self.left, self.right = left, right

    def __iter__(self):
        if self.left: yield from self.left
        yield self.value
        if self.right: yield from self.right
```

- `generator.send(value)` – Продолжает выполнение и «отправляет» значение в функцию генератора. Аргумент `value` становится результатом текущего выражения `yield`.
- Метод `send ()` возвращает следующее значение, полученное генератором, или вызывает `StopIteration`, если генератор выходит, не давая другого значения.
- Когда `send ()` вызывается для запуска генератора, он должен быть вызван с `None` как аргумент, потому что нет выражения `yield`, которое могло бы получить значение.

- Вызывает исключение типа `type` в точке, где генератор был приостановлен, и возвращает следующее значение, полученное функцией генератора.
- Если генератор выходит без получения другого значения, возникает исключение `StopIteration`.
- Если функция-генератор не улавливает исключение прошедшего или создает другое исключение, то это исключение распространяется на вызывающего.

- Вызывает генератор `GeneratorExit` в точке, где функция генератора была приостановлена.
- Если функция генератора затем выходит правильно, уже закрыта или вызывает `GeneratorExit` (не вылавливая исключение), `close` возвращает его вызывающему.
- Если генератор возвращает значение (через `yield`), возникает `RuntimeError`. Если генератор вызывает какое-либо другое исключение, он распространяется на вызывающую.
- Функция `close ()` ничего не делает, если генератор уже завершил работу из-за исключения или обычного выхода.

Пример генератора 1

```
: def echo(value=None):  
    print("Execution starts when 'next()' is called for the first time.")  
    try:  
        while True:  
            try:  
                value = (yield value)  
            except Exception as e:  
                value = e  
    finally:  
        print("Don't forget to clean up when 'close()' is called.")  
  
generator = echo(1)  
print(next(generator))  
  
print(next(generator))  
  
print(generator.send(2))  
  
generator.throw(TypeError, "spam")  
  
generator.close()
```

Execution starts when 'next()' is called for the first time.

1

None

2

Don't forget to clean up when 'close()' is called.

Пример генератора 2

```
def accumulate():
    tally = 0
    while 1:
        next = yield
        if next is None:
            return tally
        tally += next

def gather_tallies(tallies):
    while 1:
        tally = yield from accumulate()
        tallies.append(tally)

tallies = []
acc = gather_tallies(tallies)
# Ensure the accumulator is ready to accept values
next(acc)
for i in range(4):
    acc.send(i)

acc.send(None) # Finish the first tally
for i in range(5):
    acc.send(i)

acc.send(None) # Finish the second tally
acc.close()
tallies
```

[6, 10]

Выражения генераторы

- Помимо генераторов списков, словарей и множеств в python есть и просто выражения генераторы:

```
%%time  
a = filter(lambda x : not (x % 33), (x * (x + 2) for x in range(10 ** 7)))
```

Wall time: 177 ms

```
%%time  
a = filter(lambda x : not (x % 33), [x * (x + 2) for x in range(10 ** 7)])
```

Wall time: 1.84 s

- Стандартная библиотека генераторов:
 - islice, count, repeat, cycle
 - dropwhile, takewhile
 - product, permutations
 - chain, chain.from_iterable, tee

Домашнее задание 6

- Целью этого задания является знакомство генераторами.
- **Deadline (получение полных баллов): 12.04.2018**
- **Адрес:** login-const@mail.ru
- Задание состоит эмуляторе отправки сообщений двух разных генераторов
- **Текст условия доступен по [ссылке](#).**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ