数据结构

1.1 实验介绍

Python 有许多内建的数据结构。如果你困惑于什么是数据结构，那么可以参考一下 Wikipedia (https://zh.wikipedia.org/wiki/数据结构)。

简单的来说，数据结构（data structure）是计算机中存储、组织数据的方式。比如我们之前的课程中使用过的列表就是一种数据结构，在这里我们还会深入学习它。

1.2 实验知识点

- 列表的方法与列表元素的删除
- 将列表用作栈和队列
- 列表推导式
- 元组、集合、字典的创建与操作
- `enumerate()` 和 `zip()` 函数

1.3 实验环境

- python3.5
- Xfce终端
- Vim

1.4 适合人群

本课程属于初级级别课程，不仅适用于那些有其它语言基础的同学，对没有编程经验的同学也非常友好。

实验步骤

2.1 列表

```
>>> a = [23, 45, 1, -3434, 43624356, 234]
>>> a.append(45)
>>> a
[23, 45, 1, -3434, 43624356, 234, 45]
```

首先我们建立了一个列表 `a`。然后调用列表的方法 `a.append(45)` 添加元素 `45` 到列表末尾。你可以看到元素 45 已经添加到列表的末端了。有些时候我们需要将数据插入到列表的任何位置，这时我们可以使用列表的 `insert()` 方法。

```
>>> a.insert(0, 1) # 在列表索引 0 位置添加元素 1
>>> a
[1, 23, 45, 1, -3434, 43624356, 234, 45]
>>> a.insert(0, 111) # 在列表索引 0 位置添加元素 111
>>> a
[111, 1, 23, 45, 1, -3434, 43624356, 234, 45]
```

列表方法 `count(s)` 会返回列表元素中 `s` 的数量。我们来检查一下 `45` 这个元素在列表中出现了多少次。

```
>>> a.count(45)
2
```

如果你想要在列表中移除任意指定值，你需要使用 `remove()` 方法。

```
>>> a.remove(234)
>>> a
[111, 1, 23, 45, 1, -3434, 43624356, 45]
```

现在我们反转整个列表。

```
>>> a.reverse()
>>> a
[45, 43624356, -3434, 1, 45, 23, 1, 111]
```

怎样将一个列表的所有元素添加到另一个列表的末尾呢，可以使用列表的 `extend()` 方法。

```
>>> b = [45, 56, 90]
>>> a.extend(b) # 添加 b 的元素而不是 b 本身
>>> a
[45, 43624356, -3434, 1, 45, 23, 1, 111, 45, 56, 90]
```

给列表排序，我们使用列表的 `sort()` 方法，排序的前提是列表的元素是可比较的。

```
>>> a.sort()
>>> a
[-3434, 1, 1, 23, 45, 45, 45, 56, 90, 111, 43624356]
```

你也能使用 `del` 关键字删除指定位置的列表元素。

```
>>> del a[-1]
>>> a
[-3434, 1, 1, 23, 45, 45, 45, 56, 90, 111]
```

2.1.1 将列表用作栈和队列

栈是我们通常所说的一种 *LIFO*（Last In First Out 后进先出）数据结构。它的意思是最后进入的数据第一个出来。一个最简单的例子往一端封闭的管道放入一些弹珠然后取出来，如果你想把弹珠取出来，你必须从你最后放入弹珠的位置挨个拿出来。用代码实现此原理：

```
>>> a = [1, 2, 3, 4, 5, 6]
>>> a
[1, 2, 3, 4, 5, 6]
>>> a.pop()
6
>>> a.pop()
5
>>> a.pop()
4
>>> a.pop()
3
>>> a
[1, 2]
>>> a.append(34)
>>> a
[1, 2, 34]
```

上面的代码中我们使用了一个新方法 `pop()`。传入一个参数 i 即 `pop(i)` 会将第 i 个元素弹出。

在我们的日常生活中会经常遇到队列，比如售票窗口、图书馆、超市的结账出口。*队列* 是一种在末尾追加数据以及在开始弹出数据的数据结构。与栈不同，它是 *FIFO*（First In First Out 先进先出）的数据结构。

```
>>> a = [1, 2, 3, 4, 5]
>>> a.append(1)
>>> a
[1, 2, 3, 4, 5, 1]
>>> a.pop(0)
1
>>> a.pop(0)
2
>>> a
[3, 4, 5, 1]
```

我们使用 `a.pop(0)` 弹出列表中第一个元素。

2.1.2 列表推导式

列表推导式为从序列中创建列表提供了一个简单的方法。如果没有列表推导式，一般都是这样创建列表的：通过将一些操作应用于序列的每个成员并通过返回的元素创建列表，或者通过满足特定条件的元素创建子序列。

假设我们创建一个 squares 列表，可以像下面这样创建。

```
>>> squares = []
>>> for x in range(10):
...     squares.append(x**2)
...
>>> squares
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
```

注意这个 for 循环中的被创建（或被重写）的名为 `x` 的变量在循环完毕后依然存在。使用如下方法，我们可以计算 squares 的值而不会产生任何的副作用：。

```
squares = list(map(lambda x: x**2, range(10)))
```

等价于下面的列表推导式。

```
squares = [x**2 for x in range(10)]
```

上面这个方法更加简明且易读。

列表推导式由包含一个表达式的中括号组成，表达式后面跟随一个 for 子句，之后可以有零或多个 for 或 if 子句。结果是一个列表，由表达式依据其后面的 for 和 if 子句上下文计算而来的结果构成。

例如，如下的列表推导式结合两个列表的元素，如果元素之间不相等的话：

```
>>> [(x, y) for x in [1,2,3] for y in [3,1,4] if x != y]
[(1, 3), (1, 4), (2, 3), (2, 1), (2, 4), (3, 1), (3, 4)]
```

等同于：

```
>>> combs = []
>>> for x in [1,2,3]:
...     for y in [3,1,4]:
...         if x != y:
...             combs.append((x, y))
...
>>> combs
[(1, 3), (1, 4), (2, 3), (2, 1), (2, 4), (3, 1), (3, 4)]
```

值得注意的是在上面两个方法中的 for 和 if 语句的顺序。

列表推导式也可以嵌套。

```
>>> a=[1,2,3]
>>> z = [x + 1 for x in [x ** 2 for x in a]]
>>> z
[2, 5, 10]
```

2.2 元组

元组是由数个逗号分割的值组成。

```
>>> a = 'Fedora', 'ShiYanLou', 'Kubuntu', 'Pardus'
>>> a
('Fedora', 'ShiYanLou', 'Kubuntu', 'Pardus')
>>> a[1]
'ShiYanLou'
>>> for x in a:
...     print(x, end=' ')
...
Fedora ShiYanLou Kubuntu Pardus
```

你可以对任何一个元组执行拆封操作并赋值给多个变量，就像下面这样：

```
>>> divmod(15,2)
(7, 1)
>>> x, y = divmod(15,2)
>>> x
7
>>> y
1
```

元组是不可变类型，这意味着你不能在元组内删除或添加或编辑任何值。如果你尝试这些操作，将会出错：

```
>>> a = (1, 2, 3, 4)
>>> del a[0]
Traceback (most recent call last):
File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: 'tuple' object doesn't support item deletion
```

要创建只含有一个元素的元组，在值后面跟一个逗号。

```
>>> a = (123)
>>> a
123
>>> type(a)
<class 'int'>
>>> a = (123, )
>>> b = 321,
>>> a
(123,)
>>> b
(321,)
>>> type(a)
<class 'tuple'>
>>> type(b)
<class 'tuple'>
```

通过内建函数 `type()` 你可以知道任意变量的数据类型。还记得我们使用 `len()` 函数来查询任意序列类型数据的长度吗？

```
>>> type(len)
<class 'builtin_function_or_method'>
```

2.3 集合

集合是一个无序不重复元素的集。基本功能包括关系测试和消除重复元素。集合对象还支持 union（联合），intersection（交），difference（差）和 symmetric difference（对称差集）等数学运算。

大括号或 set() 函数可以用来创建集合。注意：想要创建空集合，你必须使用 set() 而不是 {}。后者用于创建空字典，我们在下一节中介绍的一种数据结构。

下面是集合的常见操作：

```
>>> basket = {'apple', 'orange', 'apple', 'pear', 'orange', 'banana'}
>>> print(basket)                      # 你可以看到重复的元素被去除
{'orange', 'banana', 'pear', 'apple'}
>>> 'orange' in basket
True
>>> 'crabgrass' in basket
False

>>> # 演示对两个单词中的字母进行集合操作
...
>>> a = set('abracadabra')
>>> b = set('alacazam')
>>> a                                  # a 去重后的字母
{'a', 'r', 'b', 'c', 'd'}
>>> a - b                              # a 有而 b 没有的字母
{'r', 'd', 'b'}
>>> a | b                              # 存在于 a 或 b 的字母
{'a', 'c', 'r', 'd', 'b', 'm', 'z', 'l'}
>>> a & b                              # a 和 b 都有的字母
{'a', 'c'}
>>> a ^ b                              # 存在于 a 或 b 但不同时存在的字母
{'r', 'd', 'b', 'm', 'z', 'l'}
```

从集合中添加或弹出元素：

```
>>> a = {'a','e','h','g'}
>>> a.pop()
'h'
>>> a.add('c')
>>> a
{'c', 'e', 'g', 'a'}
```

2.4 字典

字典是是无序的键值对（ key:value ）集合，同一个字典内的键必须是互不相同的。一对大括号 {} 创建一个空字典。初始化字典时，在大括号内放置一组逗号分隔的键：值对，这也是字典输出的方式。我们使用键来检索存储在字典中的数据。

```
>>> data = {'kushal':'Fedora', 'kart_':'Debian', 'Jace':'Mac'}
>>> data
{'kushal': 'Fedora', 'Jace': 'Mac', 'kart_': 'Debian'}
>>> data['kart_']
'Debian'
```

创建新的键值对很简单：

```
>>> data['parthan'] = 'Ubuntu'
>>> data
{'kushal': 'Fedora', 'Jace': 'Mac', 'kart_': 'Debian', 'parthan': 'Ubu
ntu'}
```

使用 del 关键字删除任意指定的键值对：

```
>>> del data['kushal']
>>> data
{'Jace': 'Mac', 'kart_': 'Debian', 'parthan': 'Ubuntu'
```

使用 in 关键字查询指定的键是否存在于字典中。

```
>>> 'ShiYanLou' in data
False
```

必须知道的是，字典中的键必须是不可变类型，比如你不能使用列表作为键。

`dict()` 可以从包含键值对的元组中创建字典。

```
>>> dict((('Indian','Delhi'),('Bangladesh','Dhaka')))
{'Indian': 'Delhi', 'Bangladesh': 'Dhaka'}
```

如果你想要遍历一个字典，使用字典的 `items()` 方法。

```
>>> data
{'Kushal': 'Fedora', 'Jace': 'Mac', 'kart_': 'Debian', 'parthan': 'Ubu
ntu'}
>>> for x, y in data.items():
...     print("{} uses {}".format(x, y))
...
Kushal uses Fedora
Jace uses Mac
kart_ uses Debian
parthan uses Ubuntu
```

许多时候我们需要往字典中的元素添加数据，我们首先要判断这个元素是否存在，不存在则创建一个默认值。如果在循环里执行这个操作，每次迭代都需要判断一次，降低程序性能。

我们可以使用 `dict.setdefault(key, default)` 更有效率的完成这个事情。

```
>>> data = {}
>>> data.setdefault('names', []).append('Ruby')
>>> data
{'names': ['Ruby']}
>>> data.setdefault('names', []).append('Python')
>>> data
{'names': ['Ruby', 'Python']}
>>> data.setdefault('names', []).append('C')
>>> data
{'names': ['Ruby', 'Python', 'C']}
```

试图索引一个不存在的键将会抛出一个 *keyError* 错误。我们可以使用 `dict.get(key, default)` 来索引键，如果键不存在，那么返回指定的 default 值。

```
>>> data['foo']
Traceback (most recent call last):
File "<stdin>", line 1, in <module>
KeyError: 'foo'
>>> data.get('foo', 0)
0
```

如果你想要在遍历列表（或任何序列类型）的同时获得元素索引值，你可以使用 `enumerate()`。

```
>>> for i, j in enumerate(['a', 'b', 'c']):
...     print(i, j)
...
0 a
1 b
2 c
```

你也许需要同时遍历两个序列类型，你可以使用 `zip()` 函数。

```
>>> a = ['Pradeepto', 'Kushal']
>>> b = ['OpenSUSE', 'Fedora']
>>> for x, y in zip(a, b):
...     print("{} uses {}".format(x, y))
...
Pradeepto uses OpenSUSE
Kushal uses Fedora
```

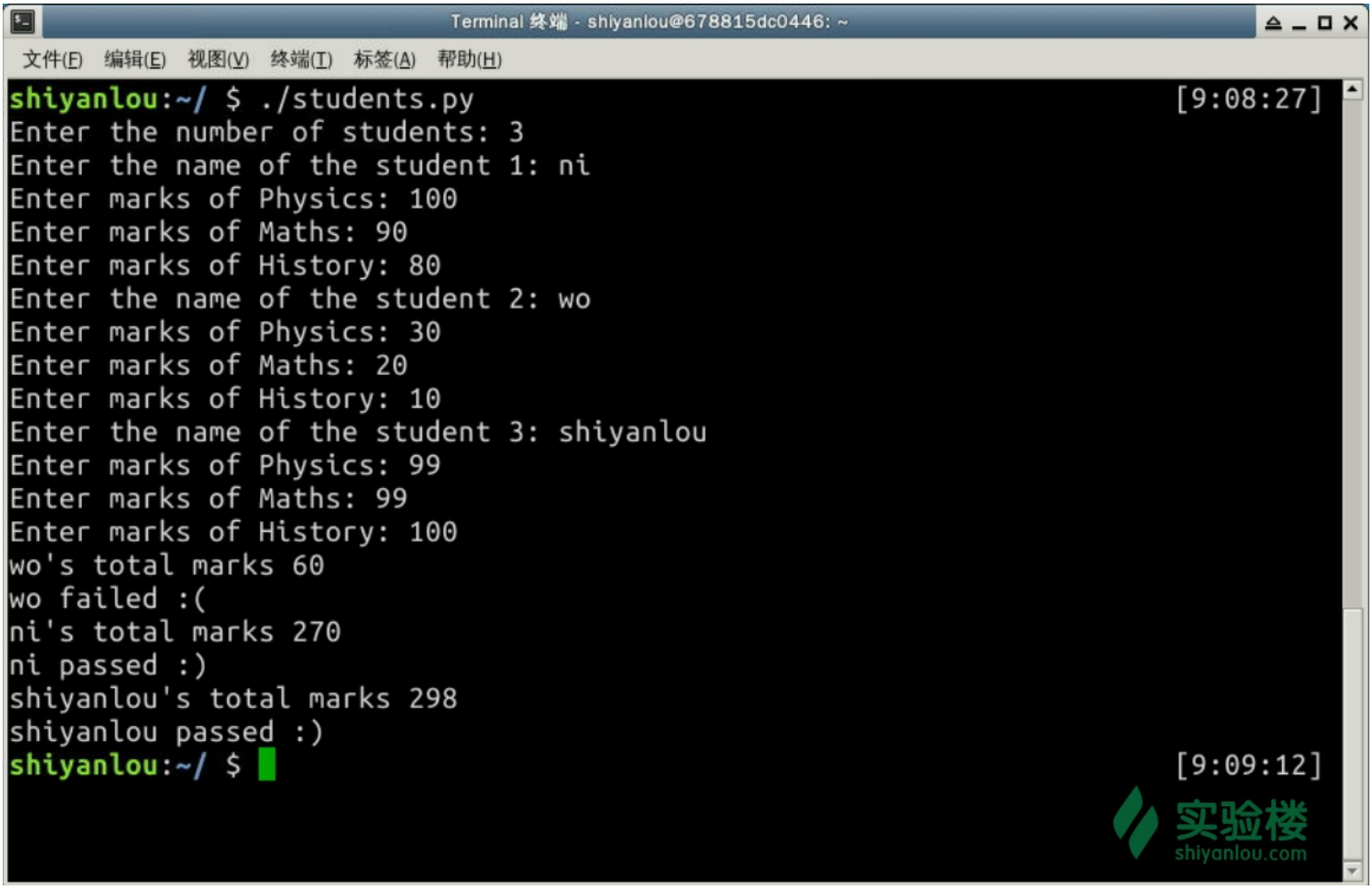
2.5 程序示例

2.5.1 students.py

这是一个判断学生成绩是否达标的程序，要求输入学生数量，以及各个学生物理、数学、历史三科的成绩，如果总成绩小于 120，程序打印 “failed”，否则打印 “passed”。

```
#!/usr/bin/env python3
n = int(input("Enter the number of students: "))
data = {} # 用来存储数据的字典变量
Subjects = ('Physics', 'Maths', 'History') # 所有科目
for i in range(0, n):
    name = input('Enter the name of the student {}: '.format(i + 1)) #
 获得学生名称
    marks = []
    for x in Subjects:
        marks.append(int(input('Enter marks of {}: '.format(x)))) # 获
得每一科的分数
    data[name] = marks
for x, y in data.items():
    total =  sum(y)
    print("{}'s total marks {}".format(x, total))
    if total < 120:
        print(x, "failed :(")
    else:
        print(x, "passed :)")
```

运行如下：



2.5.2 matrixmul.py

这个例子里我们计算两个矩阵的 Hadamard 乘积。要求输入矩阵的行/列数（在这里假设我们使用的是 n × n 的矩阵）。

```
#!/usr/bin/env python3
n = int(input("Enter the value of n: "))
print("Enter values for the Matrix A")
a = []
for i in range(n):
    a.append([int(x) for x in input().split()])
print("Enter values for the Matrix B")
b = []
for i in range(n):
    b.append([int(x) for x in input().split()])
c = []
for i in range(n):
    c.append([a[i][j] * b[i][j] for j in range(n)])
print("After matrix multiplication")
print("-" * 7 * n)
for x in c:
    for y in x:
        print(str(y).rjust(5), end=' ')
    print()
print("-" * 7 * n)
```

运行如下：

```
shiyanlou:~/ $ python3 matrixmul.py
Enter the value of n: 4
Enter values for the Matrix A
1 2 3 4
5 6 7 8
9 10 11 12
13 14 15 16
Enter values for the Matrix B
16 15 14 13
12 11 10 9
8 7 6 5
4 3 2 1
After matrix multiplication
----------------------------
   16    30    42    52
   60    66    70    72
   72    70    66    60
   52    42    30    16
----------------------------
shiyanlou:~/ $
```


这里我们使用了几次列表推导式。`[int(x) for x in input().split()]` 首先通过 `input()` 获得用户输入的字符串，再使用 `split()` 分割字符串得到一系列的数字字符串，然后用 `int()` 从每个数字字符串创建对应的整数值。我们也使用了 `[a[i][j] * b[j][i] for j in range(n)]` 来得到矩阵乘积的每一行数据。

三、总结

本实验了解了 Python 内置的几种常用数据结构，在写程序的过程中，不同的场景应当选取合适的数据结构。

一般来说，目前我们见到的数据结构已经够用了，不过 Python 中还有一些其它有用的数据结构，可以在这里了解：https://docs.python.org/3/library/datatypes.html (https://docs.python.org/3/library/datatypes.html)。

上一节：循环 (/courses/596/labs/2040/document)

下一节：字符串 (/courses/596/labs/2042/document)