B4B33RPH: Rešení problémů a hry

Python – základní kameny až skály III

Množiny, list comprehensions, profilování, generátory

Tomáš Svoboda, Petr Pošík, **Petr Štibinger**

stibipet@fel.cvut.cz

25.10.2022

Katedra kybernetiky
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Množina – **set**

```
>>> a = {1,2,3,3}
>>> print(a)
```

Jaký bude výpis?

(a) {1,2,3,3}

(b) {1,2,3}

(c) {3,3}

Množinové operace

```
>>> a = {1,2,3,3}
>>> b = {2,3,4}
>>> c = a | b
>>> print(c)
```

Jaký bude výpis?

(a) {1,2,3,4}

(b) {1,2,2,3,3,3,4}

(c) {3}

Množinové operace

```
>>> a = {1,2,3,3}
>>> b = {2,3,4}
>>> c = a & b
>>> print(c)
```

Jaký bude výpis?

(a) {3}

(b) {2,3}

(c) {1,2,2,3,3,2,3,4}

Množina – **set**

- Vestavěné datové kontejnery – `list`, `tuple`, `dict`, `set`
- Prvky setu jsou:
  - Unikátní – každý zastoupen max. jednou
  - Neuspořádané – pořadí není garantováno
  - Neindexované – ale lze využít operátor `in`
  - Neměnné, hashovatelné

Množina – **set**

- Vestavěné datové kontejnery – **`list`**, **`tuple`**, **`dict`**, **`set`**
- Prvky setu jsou:
  - Unikátní – každý zastoupen max. jednou
  - Neuspořádané – pořadí není garantováno
  - Neindexované – ale lze využít operátor **`in`**
  - Neměnné, hashovatelné
- Set jako takový ale měnit můžeme
  - **`set`**`.add()`
  - **`set`**`.remove()`

Kontrolní otázka

```
>>> s1 = {1, 2, 'Hello', 4}
>>> s2 = {(1, 2), [3, 4]}
>>> s3 = {(1, 2), (3,), 4}
>>> s4 = {{1, 2, 3}, 4}
```

Kolik řádků je s chybou?

- **(a)** žádný
- **(b)** 1
- **(c)** 2
- **(d)** 3

Neměnný set – **frozenset**

- Speciální případ setu, nelze měnit
- Vlastnosti jako **set**
  - ale neumí `add()`, `remove()`, ...
- Z vestavěných Python objektů má nejblíž ke skutečné konstantě

Příklad použití – kontrola pravidel

```
1  LEGAL_MOVES = frozenset( [ (0,1), (1,0), (1,1) ] )
2
3  p1 = MyPlayer()
4  m = p1.move()
5
6  if m not in LEGAL_MOVES:
7      print('Player just attempted an illegal move:', m)
```

List comprehensions

- Kompaktní vytvoření seznamu bez explicitního bloku smyčky
- Někdy se nazývá *generátorová notace*, protože syntax je podobný
  - ...ale **generátor** je něco trochu jiného!

List comprehensions

list_comp_instant_generation.py – rychlé vytvoření seznamu

```
1  # sampling parabola x^2
2  a = [x**2 for x in range(-10,10)]
3  print(a)
4
5  # sampling square root function sqrt(x)
6  # also with condition in the same command
7  b = [x**0.5 for x in range(-10, 10) if x > 0]
8  print(b)
```

List comprehensions

list_comp_instant_generation.py – výběr z existujících dat

```
1  fruit = ['apple', 'banana', 'lemon', 'plum', 'watermelon']
2
3  # select items containing letter 'a'
4  a = [f for f in fruit if 'a' in f]
5  print(a)
```

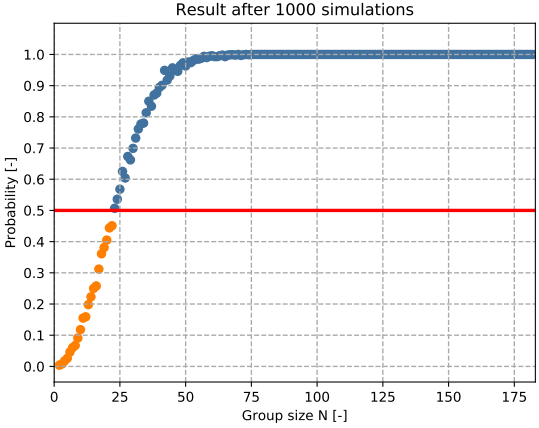
Narozeninový problém

- Skupina N osob
- Jaká je pravděpodobnost, že alespoň dva lidé mají narozeniny ve stejný den?
- Pro jak velké N začne být **pravděpodobnější**, že alespoň jeden narozeninový den **není unikátní**?

Narozeninový problém

```
1  NUM_TRIALS = 1000
2  UPPER_LIMIT = 183
3
4  prob_matching_dates = {}
5
6  for group_size in range(2, UPPER_LIMIT):
7      prob_matching_dates[group_size] = 0.0
8
9      for trial in range(NUM_TRIALS):
10         birthday_dates = [random.randint(1,365) for i in range(group_size)]
11
12         if len(birthday_dates) != len(set(birthday_dates)):
13             prob_matching_dates[group_size] += 1.0 / NUM_TRIALS
```

Narozeninový problém



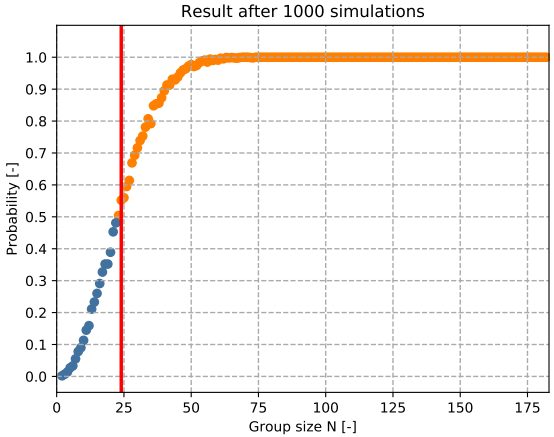
`birthday_problem.py` - celý kód včetně grafiky

Líné řešení...

- Rychle naprogramované
- Dobře čitelné
- V podstatě přímo zadání, přepsané do Pythonu

Líné řešení je líné

- Počítá se dlouho
- Zbytečné výpočty?
- Asi 80 procent!
- Stačí najít první úspěch
- Efektivní algoritmus



Jak měřit efektivitu

- Hledání slabých míst
- Snaha o optimalizaci
- Měření doby běhu procesu
- Vlastní časování kousků kódu
- Specializované nástroje na profilování

Příklad z předchozí přednášky

```
1  import random
2
3  class Memory:
4
5      def __init__(self, size):
6          self.size = size
7          self.data = []
8
9      def add(self, value):
10         self.data.append(value)
11         if len(self.data) > self.size:
12             del self.data[0]
13
14     def get_most_frequent(self):
15         return max(self.data, key=self.data.count)
```

Příklad z předchozí přednášky

```
1  import random
2
3  class Memory:
4
5      def __init__(self, size):
6          self.size = size
7          self.data = []
8
9      def add(self, value):
10         self.data.append(value)
11         if len(self.data) > self.size:
12             del self.data[0]
13
14     def get_most_frequent(self):
15         return max(self.data, key=self.data.count)
```

Příklad z předchozí přednášky

```
1  import random
2
3  class Memory:
4
5      def __init__(self, size):
6          self.size = size
7          self.data = []
8
9      def add(self, value):
10         self.data.append(value)
11         if len(self.data) > self.size:
12             del self.data[0]
13
14     def get_most_frequent(self):
15         return max(self.data, key=self.data.count)
```

Rychle jen vypadá

Líné řešení, neefektivní algoritmus

`frequency_example.py` – hledání nejčastějšího prvku v poli

```
1  def get_most_frequent_element(data):
2      return max(data, key=data.count)
3
4  if __name__ == '__main__':
5      d1 = ['R','P','P']
6      print(get_most_frequent(d1))
7
8      d2 = 8000 * ['R','P','P']
9      print(get_most_frequent(d2))
```

Měření času – modul **time**

frequency_example_time.py

```
 1  import time
 2
 3  def get_most_frequent_element(data):
 4      return max(data, key=data.count)
 5
 6  if __name__ == '__main__':
 7      d = 8000 * ['R','P','P']
 8
 9      t_start = time.perf_counter()
10      print(get_most_frequent_element(d))
11      t_stop = time.perf_counter()
12
13      print('Elapsed time:', t_stop - t_start, 'seconds')
```

Měření času – modul **time**

`frequency_example_time.py`

```
 1  import time
 2
 3  def get_most_frequent_element(data):
 4      return max(data, key=data.count)
 5
 6  if __name__ == '__main__':
 7      d = 8000 * ['R','P','P']
 8
 9      t_start = time.perf_counter()
10      print(get_most_frequent_element(d))
11      t_stop = time.perf_counter()
12
13      print('Elapsed time:', t_stop - t_start, 'seconds')
```

Proč je to tak pomalé?

Měření času – modul **time**

`frequency_example_time.py`

```
 1  import time
 2
 3  def get_most_frequent_element(data):
 4      return max(data, key=data.count)
 5
 6  if __name__ == '__main__':
 7      d = 8000 * ['R','P','P']
 8
 9      t_start = time.perf_counter()
10      print(get_most_frequent_element(d))
11      t_stop = time.perf_counter()
12
13      print('Elapsed time:', t_stop - t_start, 'seconds')
```

Proč je to tak pomalé?

Děláme zbytečné výpočty!

Měření času – modul **time**

`frequency_example_time.py`

```
 1  import time
 2
 3  def get_most_frequent_element(data):
 4      return max(data, key=data.count)
 5
 6  if __name__ == '__main__':
 7      d = 8000 * ['R','P','P']
 8
 9      t_start = time.perf_counter()
10      print(get_most_frequent_element(d))
11      t_stop = time.perf_counter()
12
13      print('Elapsed time:', t_stop - t_start, 'seconds')
```

Proč je to tak pomalé?

Děláme zbytečné výpočty!

Pro každý prvek v data,
projdi celý seznam data
a spočítej výskyt tohoto prvku

Měření času – modul **time**

frequency_example_time_upgrade.py – využijeme **set**

```
 1  import time
 2
 3  def get_most_frequent_element(data):
 4      return max(set(data), key=data.count)
 5
 6  if __name__ == '__main__':
 7      d = 8000 * ['R','P','P']
 8
 9      t_start = time.perf_counter()
10      print(get_most_frequent_element(d))
11      t_stop = time.perf_counter()
12
13      print('Elapsed time:', t_stop - t_start, 'seconds')
```

Měření času – modul **time**

`frequency_example_time_upgrade.py` – využijeme **set**

```
1  import time
2
3  def get_most_frequent_element(data):
4      return max(set(data), key=data.count)
5
6  if __name__ == '__main__':
7      d = 8000 * ['R','P','P']
8
9      t_start = time.perf_counter()
10     print(get_most_frequent_element(d))
11     t_stop = time.perf_counter()
12
13     print('Elapsed time:', t_stop - t_start, 'seconds')
```

Pro každý prvek v **set(data)**, projdi celý seznam data a spočítej výskyt tohoto prvku

Měření času – modul **time**

measure_runtime_func.py – Funkce na monitorování funkcí

```
1  import time
2
3  def measure_runtime(some_function, function_args, num_repeats):
4      average_time = 0.0
5      for n in range(num_repeats):
6          t_start = time.perf_counter()
7          some_function(*function_args)
8          t_stop = time.perf_counter()
9          average_time += (t_stop - t_start) / num_repeats
10     return average_time
```

measure_runtime_demo.py

```
1  import time
2  from measure_runtime_func import measure_runtime
3
4  def generate_array_A(rows, cols, default_value):
5      return [[default_value] * cols] * rows
6
7  def generate_array_B(rows, cols, default_value):
8      array = []
9      for r in range(rows):
10         new_row = []
11         for c in range(cols):
12             new_row.append(default_value)
13         array.append(new_row)
14     return array
15
16 if __name__ == '__main__':
17     args = (4500, 4500, -1)
18     t = measure_runtime(generate_array_A, args, num_repeats=10)
19     print('Average time A: %.6f seconds' % t)
20     t = measure_runtime(generate_array_B, args, num_repeats=10)
21     print('Average time B: %.6f seconds' % t)
```

measure_runtime_demo.py

```
1  import time
2  from measure_runtime_func import measure_runtime
3
4  def generate_array_A(rows, cols, default_value):
5      return [[default_value] * cols] * rows
6
7  def generate_array_B(rows, cols, default_value):
8      array = []
9      for r in range(rows):
10         new_row = []
11         for c in range(cols):
12             new_row.append(default_value)
13         array.append(new_row)
14     return array
15
16 if __name__ == '__main__':
17     args = (4500, 4500, -1)
18     t = measure_runtime(generate_array_A, args, num_repeats=10)
19     print('Average time A: %.6f seconds' % t)
20     t = measure_runtime(generate_array_B, args, num_repeats=10)
21     print('Average time B: %.6f seconds' % t)
```

Co bude rychlejší?

(a)

(b)

Modul `timeit`

- Vše co jsme si doposud ukázali (a mnohem víc)
- Spouštění z příkazového řádku
- Spouštění uvnitř `.py` programu
- Kód k analýze musí dostat jako string
- Během měření vypíná Garbage Collector $\rightarrow$ konzistence

Vsuvka – ovládání Garbage Collectoru

Lze dělat i ručně

```
>>> import gc
>>> gc.disable()
>>> gc.enable()
```

Vsuvka – ovládání Garbage Collectoru

Lze dělat i ručně

```
>>> import gc
>>> gc.disable()
>>> gc.enable()
```

Na vlastní nebezpečí...

gc.disable() be like

Modul **timeit**

timeit_demo.py

```
1   import timeit
2
3   def generate_array_A(rows, cols, default_value):
4       return [[default_value] * cols] * rows
5
6   def generate_array_B(rows, cols, default_value):
7       array = []
8       for r in range(rows):
9           new_row = []
10          for c in range(cols):
11              new_row.append(default_value)
12          array.append(new_row)
13      return array
14
15  if __name__ == '__main__':
16      NUM_TRIALS = 10
17      a = timeit.timeit('generate_array_A(4500,4500,-1)',
18                        setup='from __main__ import generate_array_A',
19                        number=NUM_TRIALS)
20
21      b = timeit.timeit('generate_array_B(4500,4500,-1)',
22                        setup='from __main__ import generate_array_B',
23                        number=NUM_TRIALS)
24
25      print(f"Average time A: {(a/NUM_TRIALS):.6f} seconds")
26      print(f"Average time B: {(b/NUM_TRIALS):.6f} seconds")
```

Modul **timeit**

```python
def generate_array_B(rows, cols, default_value):
    array = []
    for r in range(rows):
        new_row = []
        for c in range(cols):
            new_row.append(default_value)
        array.append(new_row)
    return array

if __name__ == '__main__':
    generate_array_B(4500, 4500, -1)
```

Spouštění v terminálu

```
$ python3 -m timeit -n 10 -r 3 "$(cat timeit_terminal_demo.py)"
```

Generátory

- Efektivní způsob jak vyrábět sekvence pro smyčky
- Lepší než: vytvoř seznam, potom přes něj iteruj
- Každý prvek vznikne, až když ho potřebujeme
- Menší zátěž na paměť
- Zpřehlednění programu

Generátory

`fib_generator.py` – výpis N prvků Fibonacciho posloupnosti

```
1  def generate_fib(n):
2      a, b = (0, 1)
3      for i in range(n):
4          yield a
5          a, b = (b, a + b)
6
7  if __name__ == '__main__':
8      for num in generate_fib(10):
9          print(num)
```

Generátory – co dělá **`yield`**

- Podobné použití jako **`return`**
- Předávání hodnot ven z funkce/metody
- Blok obsahující **`yield`** bude vracet objekt typu `generator`
- K samotným prvkům z generátoru se dostaneme přes **`for`** nebo **`next`**

Generátory – ukázky použití

generator_demo.py

```
1  def squared_sequence(start, stop, step=1):
2      num = start
3      while num < stop:
4          yield num ** 2
5          num += step
6
7  if __name__ == '__main__':
8      s = squared_sequence(3, 16, 1)
9      print(s)
10     print(type(s))
11     print(next(s)) # vygeneruj jeden novy prvek
12     print(next(s))
13     print(list(s)) # generator lze prevest na list, tuple, set...
14     # print(next(s))
```

Generátory – ukázky použití

generator_demo.py

```
1  def squared_sequence(start, stop, step=1):
2      num = start
3      while num < stop:
4          yield num ** 2
5          num += step
6
7  if __name__ == '__main__':
8      s = squared_sequence(3, 16, 1)
9      print(s)
10     print(type(s))
11     print(next(s)) # vygeneruj jeden novy prvek
12     print(next(s))
13     print(list(s)) # generator lze prevest na list, tuple, set...
14     # print(next(s))
```

Co se stane zde?

Generátory – generátorová notace

generator_comprehension.py

```
1  def squared_sequence(start, stop, step=1):
2      num = start
3      while num < stop:
4          yield num ** 2
5          num += step
6
7  if __name__ == '__main__':
8
9      s1 = squared_sequence(10, 15, 2)
10     s2 = (x**2 for x in range(10, 15, 2))
11
12     r1 = s1 == s2
13     r2 = list(s1) == list(s2)
14
15     print(r1, r2)
```

Generátory – generátorová notace

generator_comprehension.py

```
1  def squared_sequence(start, stop, step=1):
2      num = start
3      while num < stop:
4          yield num ** 2
5          num += step
6
7  if __name__ == '__main__':
8
9      s1 = squared_sequence(10, 15, 2)
10     s2 = (x**2 for x in range(10, 15, 2))
11
12     r1 = s1 == s2
13     r2 = list(s1) == list(s2)
14
15     print(r1, r2)
```

Jaký bude výpis?

(a) `True, True`
(b) `True, False`
(c) `False, True`
(d) `False, False`

Funkce **range()**

Pasivně známe, aktivně používáme

```
1  for i in range(-10, 10):
2      print(i**2)
3
4  r = range(0, 20)
5  print(type(r))
```

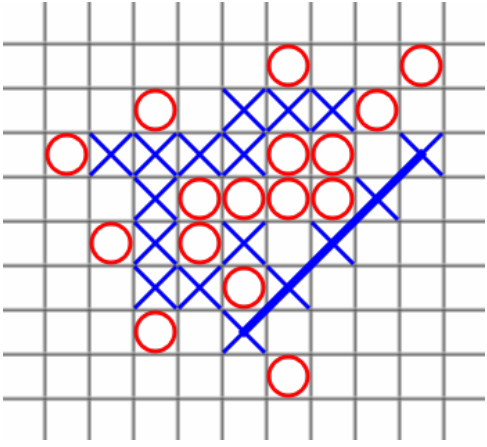
Co je **r** za objekt?

(a) Generátor
(b) List
(c) Tuple
(d) Range

Objekt **range**

- **Range není generátor ani tuple**, ale něco mezi tím...
- Neměnná sekvence
- Lze iterovat (víckrát)
- Nemá `next()`, má indexy
- Prvky vytváří, až když je potřebujeme
- Menší spotřeba paměti

Piškvorky



https://cs.wikipedia.org/wiki/Piškvorky

Dekompozice problému

- Snaha rozložit složitý problém na jednodušší části
- Ideálně tak jednoduché, že implementace je triviální
- První verze kódu stejně obvykle *nepřežije*
- Je snadnější zlepšovat části, než rozkopat celek

Piškvorky – pomocné logické funkce

- Vrací `True` nebo `False`
- Jednoduchá operace, kterou ale potřebujeme často
- Zpřehledňují hlavní ideu algoritmu
- Volání funkcí v Pythonu není zadarmo...
- ...ale program obvykle zpomalují spíš jiné věci

```
if is_in_board(r,c):
```

vs.

```
if r >= 0 and r < 10 and c >= 0 and c < 10:
```

Piškvorky – příklady logických funkcí

- `is_empty(r,c)`
- `is_full(r,c)`
- `is_winning(r,c)`
- `is_out_of_bounds(r,c)`

Piškvorky – objektově orientovaný návrh

```
1  import playfield
2
3  class BasePlayer:
4      def __init__(self, my_symbol, opponent_symbol, empty_symbol):
5          self.my_s = my_symbol
6          self.opp_s = opponent_symbol
7          self.empty_s = empty_symbol
8          self.field = playfield.Playfield(empty_symbol=self.empty_s)
9
10     def play(self, game_state):
11         self.field.update(game_state)
12         possible_moves = self.field.get_possible_moves()
13         return self.get_best_move(possible_moves)
14
15     def get_best_move(self, moves):
16         raise NotImplementedError
17
18 class SimplePlayer(BasePlayer):
19     def get_best_move(self, moves):
20         return moves[0]
```

Piškvorky – práce s herní plochou

- Hra nám předá aktuální stav jako 2D pole (list of lists)
- Izolujeme nástroje, které se týkají přímo hrací plochy
- Uděláme si *wrapper* – objekt s pomocnými funkcemi
- `make_copy()` – pozor na mělké kopie!
- `__str__()` – pro čitelnější výpis
- `is_move_valid(r,c)`
- `is_move_winning(r,c)`
- `get_all_empty_fileds()` – vhodný kandidát na generátor?

Piškvorky – nepatrně lepší volba tahu

```
1  def get_all_empty_fields(self):
2      empty_fields = []
3      for r in range(self.size):
4          for c in range(self.size):
5              if self.is_empty(r,c):
6                  empty_fields.append((r,c))
7      return empty_fields
```

```
1  def get_all_empty_fields(self):
2      for r in range(self.size):
3          for c in range(self.size):
4              if self.is_empty(r,c):
5                  yield r,c
```

Piškvorky – nepatrně lepší volba tahu

```
1  def get_best_move(self, moves):
2      my_move = None
3
4      for r,c in moves:
5          if self.field.is_winning(r,c):
6              return r,c # I can win with this move! Do it!
7          my_move = r,c
8
9      # otherwise return the last possible move
10     return my_move
```

Díky za pozornost

Prostor pro dotazy

Cvičení – státní svátek 28.10. – v pátek nebude výuka