`Programování` 1 pro matematiky

12. cvičení, 16-12-2025

Obsah:

Farní oznamy

1. **Materiály k přednáškám** najdete v GitHub repozitáři https://github.com/PKvasnick/Programovani-1. Najdete tam také kód ke cvičením a pdf soubory textů cvičením.
2. **Domácí úkoly** - Přišlo mnoho řešení úlohy o inverzní permutaci, všechny jako přes kopírák. Zatím mám tři implementace maticové třídy.
3. **Kde se nacházíme** Ještě jednou projdeme soubory a výjimky, cvičení v lednu uděláme dálkovou formou: vyložím do repozitáře materiál ke studiu. Zápočty dostanete automaticky podle bodů za domácí úkoly.

Domácí úkoly

Inverzní permutace

> **Inverzní permutace** pro danou permutaci je takové promíchání čísel, které čísla vrátí do původního pořadí. Příklad: inverzní permutace pro permutaci
>
> ```
> 1 -> 1
> 2 -> 3
> 3 -> 6
> 4 -> 2
> 5 -> 5
> 6 -> 4
> ```
>
> je

```
1 -> 1
2 -> 4
3 -> 2
4 -> 6
5 -> 5
6 -> 3
```

Řešení je zřejmé, je potřeba vyměnit indexy a hodnoty v poli.

Typické řešení:

```python
data = list(map(int, input().split()))

n = data[0]
p = data[1:]

inv_p = [0] * n

for i in range(n):
    inv_p[p[i] - 1] = i + 1

print(" ".join(map(str, inv_p)))
```

Toto je malý úkol, a takovýto kód je uspokojivý. Dvě možná zlepšení jsou:

1. Nepotřebujeme kopii pole `data`.
2. Naopak, pole `data` má právě správnou velikost, abychom nemuseli posouvat indexy.

```python
p = list(map(int, input().split()))

n = p[0] # na indexu 0 máme n, ale to nepřekáží

inv_p = [0] * (n+1) # o 1 delší, aby položky šly na indexy 1..n.

for i in range(1,n+1):
    inv_p[p[i]] = i  # nic nemusíme posouvat

print(" ".join(map(str, inv_p[1:]))) # nakonec nedestruktívně vynecháme položku 0.
```

Zůstává vyřešit ještě jednu otázku: věděli bychom se zbavit nahého `for`? Problém je tady pořadí operací: při budování inverzní permutace plníme v cyklu `for` "na přeskáčku", zatímco v automatickém cyklu probíhá plnění postupně podle indexu. Jak toto změnit?

1. možnost: použít `list.index` a vyhledat příslušnou hodnotu v poli permutace. Toto je ovšem přístup s kvadratickou složitostí $O(n^2)$, a tudy tedy cesta nevede.
2. setřídit hodnoty (1, 2, 3), ... n) podle pole původní permutace. Toto má stále vyšší složitost O(n.log(n)), ale je to celkem elegantní řešení a pojďme vyzkoumat, jak to udělat.

Nejjednodušší možnost je toto:

```
inv_p = list(range(n+1))    # Necháváme si nulu, a máme už nulu v p, a to nevadí, 0 prijde na index 0
inv_p.sort(key = lambda i : p[i])
```

Musíme ještě odstranit počáteční nulu, ale jinak toto funguje.

Ještě bychom mohli popřemýšlet, jestli by lambda nešla nahradit něčím levnějším. Nebude to `operator.itemgetter()`, protože ten vrací hodnotu na konstantním indexu. My naopak potřebujeme hodnoty z pole p na různých indexech. Funkce, která dá hodnotu v poli a na indexu k je `operator.getitem(a, k)`, a to je problém: pro třídění potřebujeme funkci jednoho argumentu - hodnoty pro příslušnou položku pole.

Řešení je udělat si novou funkci, která jeden parametr (vstupní pole p) zafixuje, a druhý (index) nechá "volný":

```
from operator import itemgetter
from functools import partial
...
def get_p_item(p):
    inner_p = p
    def reduced_getitem(i):
        return getitem(inner_p, i)
    return reduced_getitem

...
inv_p.sort(key = get_p_item(p))
```

Funkce `get_p_item vytvoří pro dané pole funkci, vracející hodnotu na indexu i.  Tedy`

```
p = [0, 3, 1, 2]
get_pi = get_p_item(p)  # vrací funkci argumentu i
for i in range(len(p)): # použití
    print(get_pi(i))
```

Toto je ale dost psaní na takovou malou věc. Python nám ale pomůže napsat celý kód stručněji, zejména pomocí funkce `functools.partial`, která dělá zhruba to, co naše funkce `get_p_item`: vytvoří novou funkci s menším počtem parametrů.

```
inv_p.sort(key = partial(getitem, p))
```

`partial` je mnohem rychlejší než `lambda`, takže toto bude rychlé. Sice se složitostí O(n log n), ale s celkem dobrou použitelností i na jiné problémy.

Tím se dostáváme ke hlavnímu tématu dnešního cvičení - funkčním objektům.

Funkční objekty

Vysvětlili jsme si už, že funkce jsou plnoprávnými obyvateli Pythonu, a tedy je můžeme přiřazovat proměnným, ukládat do seznamů či slovníků, a používat je jako parametry funkcí.

Příklad 1. Součet položek ve dvou seznamech

Máme dva seznamy `a` a `b`, chceme seznam s položkami `a[0]+b[0], a[1]+b[1]` atd.

Možností je několik, liší se množstvím a čitelností kódu a také rychlostí.

```
# Součet položek ve dvou seznamech

a = [1, 2, 3, 4, 5]
b = [5, 4, 3, 2, 1]

# Definice funkce - příliš mnoho kódu pro jednoduchou věc
def soucet(x,y):
    return x+y

# List comprehension
print([soucet(x,y) for x,y in zip(a,b)])

# ale vlastně vůbec nepotřebujeme funkci!
print([x+y for x, y in zip(a,b)])

# Funkci ale potřebuje map - to je méně čitelné, ale výkonnější
print(list(map(soucet, a,b)))

# Čitelnější je použít namísto definované funkce soucet lambda funkci:
print(list(map(lambda x,y: x + y, a, b)))

# Základní funkce máme předdefinovány v modulu operator:
import operator
print(list(map(operator.add, a, b)))

```

Modul `operator` obsahuje funkční ekvivalenty pro běžné binární operátory:

Operation	Syntax	Function
Addition	`a + b`	`add(a, b)`
Concatenation	`seq1 + seq2`	`concat(seq1, seq2)`
Containment Test	`obj in seq`	`contains(seq, obj)`
Division	`a / b`	`truediv(a, b)`
Division	`a // b`	`floordiv(a, b)`
Bitwise And	`a & b`	`and_(a, b)`
Bitwise Exclusive Or	`a ^ b`	`xor(a, b)`
Bitwise Inversion	`~ a`	`invert(a)`
Bitwise Or	`a | b`	`or_(a, b)`

Operation	Syntax	Function
Exponentiation	`a ** b`	`pow(a, b)`
Identity	`a is b`	`is_(a, b)`
Identity	`a is not b`	`is_not(a, b)`
Indexed Assignment	`obj[k] = v`	`setitem(obj, k, v)`
Indexed Deletion	`del obj[k]`	`delitem(obj, k)`
Indexing	`obj[k]`	`getitem(obj, k)`
Left Shift	`a << b`	`lshift(a, b)`
Modulo	`a % b`	`mod(a, b)`
Multiplication	`a * b`	`mul(a, b)`
Matrix Multiplication	`a @ b`	`matmul(a, b)`
Negation (Arithmetic)	`- a`	`neg(a)`
Negation (Logical)	`not a`	`not_(a)`
Positive	`+ a`	`pos(a)`
Right Shift	`a >> b`	`rshift(a, b)`
Slice Assignment	`seq[i:j] = values`	`setitem(seq, slice(i, j), values)`
Slice Deletion	`del seq[i:j]`	`delitem(seq, slice(i, j))`
Slicing	`seq[i:j]`	`getitem(seq, slice(i, j))`
String Formatting	`s % obj`	`mod(s, obj)`
Subtraction	`a - b`	`sub(a, b)`
Truth Test	`obj`	`truth(obj)`
Ordering	`a < b`	`lt(a, b)`
Ordering	`a <= b`	`le(a, b)`
Equality	`a == b`	`eq(a, b)`
Difference	`a != b`	`ne(a, b)`
Ordering	`a >= b`	`ge(a, b)`
Ordering	`a > b`	`gt(a, b)`

V modulu najdete i mnoho dalších užitečných věcí, takže neškodí nahlédnout do dokumentace.

Příklad 2: Třídění a další operace, vyžadující klíč

Jednu hezkou aplikaci jsme už viděli výše, takže jenom všeobecně:

Argument `key` ve funkcí `sort, sorted, min, max` vyžaduje funkci s jedním argumentem, hodnotou ze vstupního seznamu, a vrací jinou hodnotu, podle které se vstupní seznam má setřídit.

```
# Třídění a další operace, vyžadující klíč

# Třídění podle délky stringu
>>> k = ["kočka", "sedí", "na", "okně"]
>>> sorted(k, key=len)

['na', 'sedí', 'okně', 'kočka']

# Funkce min také srovnává a tedy u ní můžeme definovat klíč:
>>> min(k, key=lambda x: len(x))

'na'

# Setřídění podle položky jsme už trénovali:
>>> p = [(1,'leden'), (2,'unor'), (4,'duben')]
>>> sorted(p, key=lambda x: x[1])

[(4, 'duben'), (1, 'leden'), (2, 'unor')]

# Konečně si můžeme vypomoct modulemt operator:
>>> import operator
>>> sorted(p, key = operator.itemgetter(1))

[(4, 'duben'), (1, 'leden'), (2, 'unor')]
```

Příklad 3: Implementace funkce `itemgetter`

Ukážeme si dvě možné implementace pro `oparator.itemgetter` . První možností je funkce, která vrací funkci:

```
# itemgetter as a function

def itemgetter(k):
    return lambda a: a[k]

def main():
    a = (1,2)
    print(itemgetter(1)(a))
    u = [(1,5), (2,4), (3,3)]
    print(sorted(u, key = itemgetter(1)))
    print(sorted(u, key = itemgetter(0)))

if __name__ == "__main__":
    main()

2
```

```
[(3, 3), (2, 4), (1, 5)]
[(1, 5), (2, 4), (3, 3)]
```

Druhou možností je implementovat `itemgetter` jako funktor, tedy objekt, který lze volat jako funkci:

```
# itemgetter as functor

class itemgetter:
    def __init__(self, k):
        self.k = k
        self.fun = lambda a: a[self.k]

    def __call__(self, a):
        return self.fun(a)

def main():
    a = (1,2)
    print(itemgetter(1)(a))
    u = [(1,5), (2,4), (3,3)]
    print(sorted(u, key = itemgetter(1)))
    print(sorted(u, key = itemgetter(0)))

if __name__ == "__main__":
    main()

2
[(3, 3), (2, 4), (1, 5)]
[(1, 5), (2, 4), (3, 3)]
```

Příklad 4: Kompozice funkcí

Mějme funkce `f(x)` a `g(x)`, chceme implementovat funkci `compose(f,g)`, která vrací složenou funkci `f∘g`, tedy funkci, vracející hodnotu `f(g(x))` a ne hodnotu této funkce pro nějaký argument.

Příklad Představte si, že chcete jako klíč pro třídění použít funkci `ln(abs(cos(x)))`. To není problém vypočíst, ale vy máte jako argument uvést onu funkci a ne její volání pro nějaký argument. Určitě to lehko obejdete pomocí lambda funkce, ale lambda se může prodražit.

```
def compose(f,g):
    def _comp(x):
        return f(g(x))
    return _comp

print(compose(int, abs)(-4.5))

```

Vnitřní funkce

Už jsme několikrát viděli, že vytváření funkcí jinými funkcemi je docela silná zbraň, zejména díky tomu, že vytvořené funkce si sebou nesou prostředí mateřské funkce ve stavu svého vzniku. Tím se podobají na třídy.

```

```

```
def f():
    n = 0
    def in_f():
        nonlocal n   # n pochází z nadřazeného jmenného prostoru
        n += 1       # musíme explicitně deklarovat, protože používáme
        return n     # na pravé straně výrazu
    return in_f

>>> a = f()
>>> a()
1
>>> a()
2
>>> b = f()
>>> b()
1
>>> b()
2
>>> a()
3
>>>
```

Zjevně funkce `a()` a `b()` mají nezávislé vnitřní stavy.

Soubory: čtení a zápis

Souborem myslíme nějakou skupinu bajtů, uloženou pod svým názvem v souborovém systému.

Budeme se zabývat **textovými soubory**, v nichž bajty reprezentují znaky v nějakém kódování.

- *ASCII* (”anglická abeceda“ o 95 znacích)
- *iso-8859-2* (navíc znaky východoevropských jazyků)
- *cp1250* (něco podobné, specifické pro Windows)
- *UTF-8* (vícebajtové znaky, pokrývají většinu glyfů a jazyků světa

Kódování je všudypřítomné, nevyhnete se problémům s explicitním uvedením kódování nebo s převodem. Neexistuje nic takového jako defaultní kódování textového souboru, i když například pro kód v Pythonu je defaultním kódováním UTF-8.

Python má rozsáhlou podporu kódování a většinu problémů jde jednoduše řešit.

Python načte textový soubor jako kolekci řádků. Naopak, při zápisu musíme konce řádků zapsat tam, kam patří:

```
f = open("soubor.txt", "w") # "w" jako write, "r" jako read
f.write("Hej, mistře!\n")
f.close()
```

Protože komunikujeme se systémovými službami a operačním systémem, může se při zápisu nebo čtení lehce stát něco neočekávaného - nejde vytvořit soubor, do kterého chcete zapisovat, soubor na čtení neexistuje tam, kde ho hledáte a podobně. Pokud chceme, aby nám v takovýchto situacích neskončil program s chybou, ale nějak se se situací graciézně vypořádal, potřebujeme nástroje na *obsluhu výjimek* a o nich budeme mluvit za chvíli.

U čtení zápisu bychom rádi měli jistotu, že ať se stane cokoli, soubor se zavře. Proto standardně obsluhujeme soubory pomocí **kontexotvého manažéra** takto:

```
with open("soubor.txt", "w") as f:
    f.write("Hej, mistře!\n")
```

`f.close()` se zavolá automaticky po opuštění bloku `with` a to i v případě, že se stane něco neočekávaného.

Metody souborů

`f.write(text)` – zapíše text
`f.read(n)` –přečte dalších n znaků, na konci " ".
`f.read()` – přečte zbývající znaky souboru
`f.readline()` – přečte další řádek (včetně "\n") nebo " ".
`f.seek(...)` – přesune se na další pozici v souboru

Další operace:
`print(..., file=f)`
`for line in f:` – cyklus přes řádky souboru
Pozor, řádky končí "\n", hodí se zavolat `rstrip()`.

Vždy je k dispozici:

`sys.stdin` – standardní vstup (odtud čte `input()`)
`sys.stdout` – standardní vstup (sem píše `print()`)
`sys.stderr` – standardní chybový výstup

```
>>> sys.stdout.write("Hej, mistre!\n")
Hej, mistre!
13
```

Modul `pathlib`

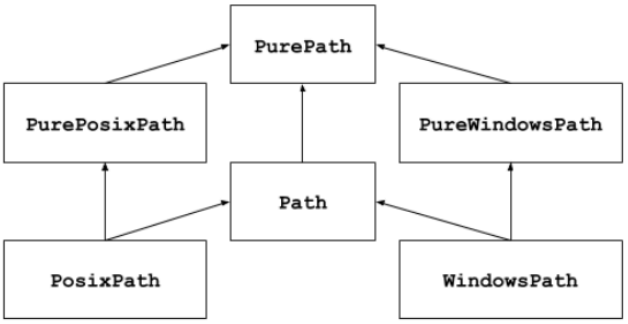
Toto je základní modul pro pohodlný přístup a manipulaci se souborovým systémem na Unixu nebo ve Windows.

pathlib — Object-oriented filesystem paths ¶

Added in version 3.4.

Source code: Lib/pathlib/

This module offers classes representing filesystem paths with semantics appropriate for different operating systems. Path classes are divided between pure paths, which provide purely computational operations without I/O, and concrete paths, which inherit from pure paths but also provide I/O operations.




```
>>> from pathlib import Path

>>> p = Path(".")
>>> p
WindowsPath('.')
>>> [x for x in p.iterdir() if x.is_dir()]
[WindowsPath('.idea')]
>>> list(p.glob('**/*.py'))
[WindowsPath('eqn_solve.py'), WindowsPath('je_prvocislo.py'),
WindowsPath('zeros_back.py'), WindowsPath('zvire.py')]

>>> p = Path("/")
[x for x in p.iterdir() if x.is_dir()]
[WindowsPath('/$Recycle.Bin'), WindowsPath('/Config.Msi'), WindowsPath('/Documents and
Settings'), WindowsPath('/eSupport'), WindowsPath('/OneDriveTemp'),
WindowsPath('/PerfLogs'), WindowsPath('/Program Files'), WindowsPath('/Program Files
(x86)'), WindowsPath('/ProgramData'), WindowsPath('/R'), WindowsPath('/Recovery'),
WindowsPath('/System Volume Information'), WindowsPath('/Users'),
WindowsPath('/Windows')]
>>> q = p / "Users" / "kvasn"
>>> q
WindowsPath('/Users/kvasn')
```

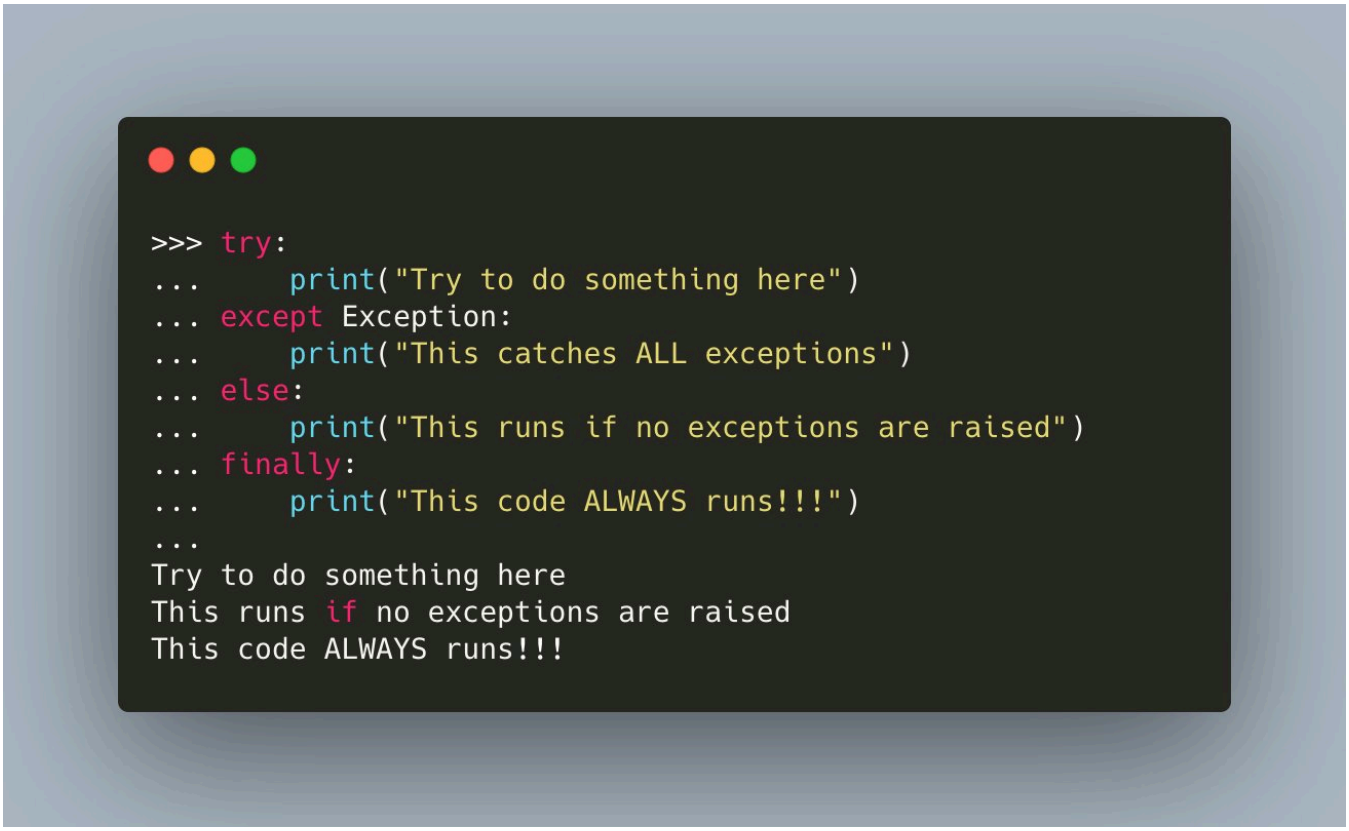
Chyby a výjimky

```
def divide(x, y):
    return x/y

divide(1, 0)

Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#73>", line 1, in <module>
    divide(1,0)
  File "<pyshell#72>", line 2, in divide
    return x/y
ZeroDivisionError: division by zero
```

Chyba vygeneruje výjimku, např.
`ZeroDivisionError` – dělení nulou
`ValueError` – chybný arguement
`IndexError` – přístup k indexu mimo rozsah
`KeyError` – dotaz na hodnotu neexistujícího klíče ve slovníku
`FileNotFoundError` – pokus o otevření neexistujícího souboru
`EOFError` - pokus o čtení za hranící souboru
`MemoryError` – vyčerpání dostupné paměti
`KeyboardInterrupt` – běh programu byl přerušen stiskem `Ctrl-C`
`StopIteration` - žádost o novou hodnotu z vyčerpaného iterátoru

```
try:
    x, y = map(int, input().split())
    print(x/y)
except ZeroDivisionError:
    print("Nulou dělit neumím.")
except ValueError as ve:
    print("Chyba:", ve)
    print("Zadejte prosím dvě čísla.")
except EOFError:    # prázdný řádek
    print("Konec")
    sys.exit()
```

Obecně je syntaxe takováto:



```
>>> try:
...     print("Try to do something here")
... except Exception:
...     print("This catches ALL exceptions")
... else:
...     print("This runs if no exceptions are raised")
... finally:
...     print("This code ALWAYS runs!!!")
...
Try to do something here
This runs if no exceptions are raised
This code ALWAYS runs!!!
```

Výjimky jsou objekty, jejich typy jsou třídy.

Výjimka se umí vypsat příkazem `print`

Atributy výjimky obsahují dodatečné informace o tom, co a kde se stalo.

Výjimky tvoří hierarchie, například `FileNotFoundError` je potomkem `IOError`. Můžeme zachytit obecnější typ a doptat se, o kterého potomka se jedná.

```
>>> raise RuntimeError("Jejda!")
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#75>", line 1, in <module>
    raise RuntimeError("Jejda!")
RuntimeError: Jejda!

>>> assert 1 == 2
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#78>", line 1, in <module>
    assert 1 == 2
AssertionError

>>> assert 1 == 2, "Pravda už není, co bývala!"
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#79>", line 1, in <module>
    assert 1 == 2, "Pravda už není, co bývala!"
AssertionError: Pravda už není, co bývala!
```

Kontextový manažer pro obsluhu výjimek

```
from contextlib import suppress

a = []
with suppress(EOFError, ValueError):
    while True:
        a.append(int(input())
print(a)
```

Takovýto kód je zhruba ekvivalentní tomuto:

```
a = []
try:
    while True:
        a.append(int(intput()))
    except EOFError, ValueError:
        ...
print(a)
```

Domácí úkoly

1. **Náhodné cykly** - Máte pole, obsahující permutaci čísel 0, 1, ... N-1. Představte si, že hodnota p[i] představuje následující prvek za prvkem i. Pak pro každý prvek známe jeho následníka a můžeme prvky rozdělit do skupin na základě vztahu následnictví. Prvky, které nejsou spojené řetězcem následnosti, patří do různých skupin, neboli cyklů. Tyto cykly máte vypsat.
2. **Tabulka 2 x N** - Máte tabulku se dvěma řádky a L sloupci. Data tabulky máte zapsané v run-length kompresi, tedy u každého prvku máte zaznamenaný počet jeho opakování v příslušném řádku. Máte nalézt počet sloupců, obsahujících v obou řádcích stejná čísla. A musíte to udělat chytře, protože tabulka může být opravdu veliká a nemáte čas ani paměť na to, abyste sloupce projeli jednotlivě.