Programiranje u *Pythonu*

D460

srce
Sveučilište u Zagrebu
Sveučilišni računski centar

Ovu inačicu priručnika izradio je autorski tim Srca u sastavu:

Autor: Marko Hruška

Recenzent: Hrvoje Backović

Urednica: Petra Gmajner

Lektorica: Mia Kožul

Svučilište u Zagrebu

Sveučilišni računski centar

Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb

edu@srce.hr

Verzija priručnika D460-20191130

Sadržaj

Uvod

Svrha ovoga priručnika jest upoznavanje s naprednijim konceptima za konstrukciju programskoga kôda u programskom jeziku *Python*.

Sadržaj ovoga priručnika nadovezuje se na priručnik naziva: *Osnove programiranja (Python)*. Preduvjet za razumijevanje gradiva ovoga priručnika jest poznavanje rada na računalu i poznavanje osnova programiranja u programskom jeziku *Python*. Priručnik se sastoji od devet poglavlja koja se odrađuju u četiri dana, po četiri sata dnevno, koliko traje tečaj. Na kraju svakoga poglavlja nalaze se vježbe i pitanja za ponavljanje koje će polaznici prolaziti zajedno s predavačem. Mogući savjeti i zanimljivosti istaknuti su u okvirima sa strane.

Na ovom tečaju polaznici će naučiti naprednije koncepte programiranja u programskom jeziku *Python*. Tako naučeni koncepti primjenjivi su i na većinu ostalih programskih jezika, te istodobno omogućavaju lakše snalaženje prilikom nadograđivanja vlastitoga znanja nakon tečaja uz pomoć *web*-pretraživača i ostale literature. Nakon tečaja polaznici će posjedovati kompetencije za rješavanje složenijih programskih zadataka u programskom jeziku *Python*.

Python je interpreterski programski jezik. Kod interpreterskih programskih jezika, naredbe se prevode u trenutku izvođenja programa te se svaka naredba prevodi u jednu ili više strojnih naredbi što ovisi o složenosti. Kod ovakvog načina izvršavanja programskoga kôda nema potrebe za kompajliranjem prije izvršavanja, tj. prevođenjem u strojni jezik. Programi pisani u *Pythonu* se za posljedicu izvršavaju sporije od istih programa koji su pisani u jezicima čiji se programski kôd prije izvršavanja prevodi u:

- *strojni jezik*, primjeri takvih jezika su: *C*, *C++*
- *bytecode*, primjer takvoga jezika je: *Java*.

Programski kôd napisan u *Pythonu* također je moguće prevesti u *bytecode* te se time povećava brzina izvođenja programa. Prevođenje u *bytecode* neće se obrađivati u ovom priručniku.

Python – verzije

Verzija *Pythona* je označena s A.B.C. Svako od ta tri slova označava promjene koje su se dogodile prema važnosti. Slovo C označava sitne promjene, slovo B označava veće promjene, dok slovo A označava velike promjene.

Programi pisani u programskom jeziku *Python* su kraći, a i za njihovo pisanje utrošak vremena je puno manji. *Python* programerima dopušta nekoliko programskih paradigmi: strukturno, objektno orijentirano i aspektno orijentirano programiranje. Svojstvo koje krasi *Python* je čista i jednostavna sintaksa.

U ovom tečaju obrađuje se strukturno programiranje i objektno orijentirano programiranje. Kod strukturnog programiranja glavni je naglasak za kontrolu programa na korištenju struktura poput funkcija, metoda, odluka, petlji. Ovakav način programiranja omogućava programerima da se program razlomi na manje logičke dijelove, tj. u funkcije te se tako povećava modularnost programskoga kôda koji je moguće višekratno iskoristiti. Ovakav pristup idealan je za kraće logičke programe, no kod velikih projekata nije dovoljno učinkovit i nakon nekog

Službena dokumentacija

Službenu *Python 3* dokumentaciju možete pronaći na URL-u: https://docs.python.org/3/

vremena programerima je sve teže razvijati nove komponente, tj. funkcionalnosti. Objektno orijentirano programiranje (kraće OOP) jedan je od najpopularnijih pristupa razvoju programskoga kôda današnjice. Kod ovog pristupa razvoja programskoga kôda glavni je cilj razvijanje objekata koji imaju funkcionalnosti implementirane u metode. Ovaj pristup je trenutačno idealan za razvoj većih projekata. Aspektno orijentirano programiranje neće se obrađivati u ovom tečaju.

Python je 1991. godine kreirao programer Guido van Rossum. Verzije *Pythona* su:

- *Python 1.0.* – 1991. godina
- *Python 2.0.* – 2000. godina, zadnja podverzija *Python 2.7* je objavljena 2010. godine te će *Python 2.7* biti podržan do 2020. godine
- *Python 3.0.* – 2008. godina.

U trenutku pisanja ovoga priručnika zadnje stabilne verzije su: *Python 3.7.2* i *Python 2.7.15*. U ovom priručniku koristi se *Python 3*. Za razvoj *Pythona* brine se neprofitna organizacija *Python Software Foundation*. Sintaksa *Python 2* i *Python 3* verzije nije kompatibilna. Razvijen je alat *2to3* koji prevodi programski kôd pisan u verziji *Python 2* u verziju *Python 3*.

U priručniku važni pojmovi pisani su **podebljano**. Ključne riječi, imena varijabli, funkcija, metoda i ostale programske konstrukcije pisane su drugačijim fontom od uobičajenog, na primjer: `print("Hello World!")`. Nazivi na engleskom jeziku pisani su *kurzivom* i u zagradi, na primjer: "varijabla (engl. *variable*)"**.**

Također, zadatke za vježbu možemo podijeliti u 3 kategorije, a to su zadaci bez zvjezdice, zadaci s jednom zvjezdicom (*) i zadaci s dvije zvjezdice (**). Zadaci bez zvjezdice se karakteriziraju kao lagani zadaci, s jednom zvjezdicom kao zadaci srednje težine, dok se zadaci s dvije zvjezdice karakteriziraju kao teži zadaci.

Programski kôd pisan je na sljedeći način:

U prvom dijelu bit će napisan programski kôd.

```
for i in range(2):
    print("Hello World!")
```

```
Izlaz:
     Hello World!
     Hello World!
```

U drugom dijelu bit će prikazan dobiven izlaz programskoga kôda.

1. Specifičnosti programskoga jezika *Python*

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *koristiti neke od mnogobrojnih specifičnosti programskoga jezika* Python *koje olakšavaju razvoj programskoga kôda.*

Programski jezik *Python* u sebi sadrži neke specifičnosti koje nisu implementirane u svim programskim jezicima. Takve specifičnosti programerima omogućavaju brži razvoj programskoga kôda. U nastavku slijedi opis s primjerima nekoliko takvih specifičnosti koje su ugrađene u *Python*.

1.1. Lista u obrnutom poretku

Uz korištenje ugrađene metode `reverse()` te nekih drugih zaobilaznih načina, *Python* ima ugrađen još jedan način kako elemente liste dohvatiti u obrnutom poretku. Sintaksa takvog ugrađenog načina dohvaćanja elemenata liste u obrnutom poretku je:

```
lista[::-1]
```

```
lista = [1, 2, 5, 4, 8, 3]
obrnutaLista = lista[::-1]

print("Originalna lista:", lista)
print("Obrnuta lista:", obrnutaLista)
```

```
Izlaz:
     Originalna lista: [1, 2, 5, 4, 8, 3]
     Obrnuta lista: [3, 8, 4, 5, 2, 1]
```

Metoda `reversed()`

Metoda `reversed()` je često bolja varijanta od `reverse()` jer **ne kopira** objekt.

Metoda `reversed()` vraća iterator koji pristupa predanoj sekvenci u obrnutom poretku.

Detaljnije objašnjenje ovoga postupka:

- Dohvaćanje elemenata od indeksa *`start`* do indeksa *`stop-1`*
  `lista[start:stop]`
- Dohvaćanje elemenata od indeksa *`start`* pa do kraja liste
  `lista[start:]`
- Dohvaćanje elemenata od početka liste pa do indeksa *`stop-1`*
  `lista[:stop]`

Za one koji žele znati više

Pronađite i proučite kako funkcionira klasa:

`slice(start, stop[, step])`

Vrijednosti parametara `start` i `stop` moguće je zadati i kao negativne, tada se primijenjuju sljedeća pravila:

- Dohvaćanje zadnjeg elementa liste
  `lista[-1]`
- Dohvaćanje zadnjih dvaju elemenata liste
  `lista[-2:]`

- Dohvaćanje svih elemenata liste osim zadnjih dvaju elemenata
  `lista[:-2]`

Uz parametre `start` i `stop` moguće je zadati i treći parametar `step`. Parametar `step` označava korak ispisa. U nastavku slijedi detaljniji opis:

- Dohvaćanje svakoga drugog elementa liste
  `lista[::2]`
- Dohvaćanje svakoga drugog elementa liste, između indeksa 1 i 5
  `lista[1:5:2]`
- Dohvaćanje svih elemenata liste u obrnutom poretku
  `lista[::-1]`
- Dohvaćanje prvih dvaju elemenata liste u obrnutom poretku
  `lista[1::-1]`
- Dohvaćanje zadnjih triju elementa u obrnutom poretku
  `lista[:-3:-1]`
- Dohvaćanje svih elemenata osim zadnjih dvaju u obrnutom poretku
  `a[-3::-1]`

```
>>> lista = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> lista[2:5]
[2, 3, 4]
>>> lista[2]
2
>>> lista[:5]
[0, 1, 2, 3, 4]
>>> lista[:]
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> lista[-1]
9
>>> lista[-2:]
[8, 9]
>>> lista[:-2]
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
>>> lista[::2]
[0, 2, 4, 6, 8]
>>> lista[1:5:2]
[1, 3]
>>> lista[::-2]
[9, 7, 5, 3, 1]
>>> lista[::-1]
[9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
>>> lista[1::-1]
[1, 0]
>>> lista[:-3:-1]
[9, 8]
>>> lista[-3::-1]
[7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
```

1.2. Niz znakova u obrnutom poretku

U prethodnom odjeljku obrađeno je dohvaćanje elemenata liste u obrnutom poretku dok se u ovom odjeljku obrađuje dohvaćanje elemenata niza znakova u obrnutom poretku. Nad nizom znakova nije moguće pozvati metodu `reverse()`. Sintaksa dohvaćanja elemenata niza znakova u obrnutom poretku jest:

```
nizZnakova[::-1]
```

Metoda `reversed()`

Metodu `reversed()` je moguće koristiti i kod nizova znakova.

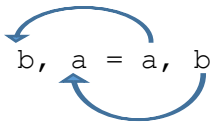
```
nizZnakova = "abcdefghijkl"
obrnutiNizZnakova = nizZnakova[::-1]

print("Originalni niz znakova:", nizZnakova)
print("Obrnuti niz znakova:", obrnutiNizZnakova)
```

```
Izlaz:
      Originalni niz znakova: abcdefghijkl
      Obrnuti niz znakova: lkjihgfedcba
```

1.3. Zamjena vrijednosti dviju varijabli u jednoj liniji

Python omogućava jednostavan način zamjene vrijednosti dviju varijabli u jednoj liniji. Sintaksa i grafički prikaz zamjene vrijednosti dviju varijabli:




```
a = 10
b = 20

print(a, b)

b, a = a, b

print(a, b)
```

```
Izlaz:
      10 20
      20 10
```

Kod ovakvog načina pridjeljivanja vrijednosti varijablama u pozadini se obavlja pakiranje i raspakiravanje n-terca (engl. *Tuple Packing/Unpacking*). U nastavku slijedi detaljnije pojašnjenje.

1. Pakiranje n-terca (engl. *Packing a tuple*) – sintaksa koja je prikazana u nastavku je jednostavna sintaksa koja omogućava kreiranje n-terca bez korištenja ustaljene sintakse.

   ```
   x = 1, 2
   ```

   Kreira se:

   ```
   x = (1, 2)
   ```

2. Raspakiravanje n-terca (engl. *Unpacking a tuple*) – sintaksa koja omogućava da se dane vrijednosti zapakirane u n-terac raspakiraju i spreme u varijable.

```
x = 1, 2

a, b = x # a, b = (1, 2)
```

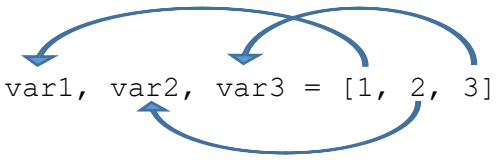
Nakon izvršavanja ovoga kôda, imamo: `a = 1`, `b = 2`. Vrijednost n-terca `x` raspakirava se u 2 varijable `a`, `b`. Broj varijabli mora točno odgovarati broju elemenata u n-tercu ili će doći do pogreške.

1.4. Spremanje vrijednosti u varijable iz liste

Napomena

Identično kao i kod prethodnog primjera, u pozadini se radi pakiranje i raspakiravanje n-terca (engl. *Tuple Packing/Unpacking*). U pozadini se izvršava iteracija te se n-tercu slijedno dodijeljuju vrijednosti.

Programski jezik *Python* ima funkcionalnost pomoću koje se vrijednosti elemenata upisanih u listu mogu na jednostavan način preslikati u pojedinačne varijable. Sintaksa i grafički prikaz preslikavanja vrijednosti:




```
lista = [1, 2, 3]

a, b, c = lista

print(a, b, c)
```

```
Izlaz:
     1 2 3
```

1.5. Ulančani operatori usporedbe

Ulančavanje operatora usporedbe funkcionalnost je koja kod mnogobrojnih programskih jezika ne postoji. Ako želimo provjeriti je li vrijednost neke varijable u intervalu [10, 20], u programskom jeziku *Pythonu* dovoljno je napisati kôd sljedeće sintakse:

```
10 <= a <= 20
```

Dok je u većini ostalih programskih jezika za takvu usporedbu potrebno kreirati ovakav izraz:

```
10 <= a && a <= 20
```

```
a = 10
print(3 < a < 20)
print(10 < a < 20)
```

```
Izlaz:
     True
     False
```

Prednost ulančavanja operatora usporedbe je u tome da ako je `a` složeni izraz, na primjer, poziv neke spore funkcije, kod ulančanog operatora,

takav izraz će se evaluirati samo jednom, a ne više puta čime se ubrzava izvršavanje programa.

1.6. Konstrukcija: `for/else`

Petlje su od vitalnog značenja za svaki programski jezik. U programskom jeziku *Python* koriste se petlje `for` i `while`. Svaki programer je upoznat s njihovim funkcioniranjem, no malo programera je upoznato sa specifičnošću kojom se bavi ovo potpogavlje.

Petlja `for` može imati i svoj `else` dio. `else` dio petlje `for` izvršava se samo u slučaju kada petlja `for` bez prekida odradi svoj posao, tj. kada nije prekinuta pozivom naredbe `break`.

Ovakva konstrukcija najviše se koristi kada `for` petlja prolazi kroz neku strukturu podataka i traži neki određeni element. Kroz takvo pretraživanje mogu se dogoditi dva slučaja:

- Traženi element **postoji** i nakon što petlja `for` dođe do njega poziva se naredba `break` kojom se petlja prekida, u tom slučaju `else` dio petlje `for` se ne izvršava. U nastavku je prikaz programskoga kôda koji zorno prikazuje ovaj slučaj:

```
lista = [1, 2, 3, 4, 5, 6]

for element in lista:
    if element == 5:
        break
else:
    print("Nije pronađeno!")
```

```
Izlaz:
     {Ništa}
```

- Traženi element **ne postoji** i nakon što petlja `for` prođe po svim elementima ona završava s daljnjim radom. U tom slučaju izvršava se programski kôd koji se nalazi u `else` dijelu:

```
lista = [1, 2, 3, 4, 5, 6]

for element in lista:
    if element == 0:
        break
else:
    print("Nije pronađeno!")
```

```
Izlaz:
     Nije pronađeno!
```

1.7. Ternarni operator

Ternarni operator omogućava da se funkcionalnost `if-else` naredbe napiše u jednom retku. Ternarni operator izgleda ovako:

```
[istinit_izraz] if [logički_izraz] else [lažan_izraz]
```

- `logički_izraz` – rezultat ovoga logičkog izraza je `True` ili pak `False` te se na temelju rezultata ovog izraza odlučuje koji dio programskoga kôda će se izvršiti
- `istinit_izraz` – ovaj programski kôd izvršava se ako je rezultat logičkog izraza `True`
- `lažan_izraz` – ovaj programski kôd izvršava se ako je rezultat logičkog izraza `False`.

```
x = 10 if (True) else 20
print(x)

x = 10 if (False) else 20
print(x)
```

```
Izlaz:
      10
      20
```

1.8. Poziv funkcije pomoću ternarnog operatora

Za one koji žele znati više

Ovaj način pozivanja funkcija funkcionira jer ternarni operator vraća funkcijski objekt – svaki razred može biti funkcija ako implementira metodu `__call__`.

U prethodnom potpoglavlju obrađen je ternarni operator koji omogućava pisanje `if-else` naredbe u jednom retku. U ovom poglavlju obrađuje se ternarni operator koji omogućava poziv jedne funkcije u slučaju da je logički izraz istinit (engl. *True*), a poziv druge funkcije u slučaju da je logički izraz laž (engl. *False*). Broj parametara koje primaju obje te funkcije mora biti identičan. U nastavku slijedi primjer poziva funkcije pomoću ternarnog operatora:

```
([fun1] if [izraz] else [fun2])([param1, …])
```

- `fun1` – ova funkcija će se izvršiti ako je izraz istinit (engl. *True*)
- `fun2` – ova funkcija će se izvršiti ako je izraz laž (engl. *False*)

```
def funPrva(vrijednost):
    print("funPrva(), vrijednost:", vrijednost)

def funDruga(vrijednost):
    print("funDruga(), vrijednost:", vrijednost)


x = True

(funPrva if x else funDruga)(5)
```

```
Izlaz:
      funPrva(), vrijednost: 5
```

1.9. Naredba `pass`

Ova naredba koristi se kada je potreban logički izraz, ali za taj izraz ne želimo da se izvrši nijedna naredba. Na primjer, gradimo `if-elif-else` uvjete i ako za neki uvjet ne želimo da se išta izvrši, tada ne

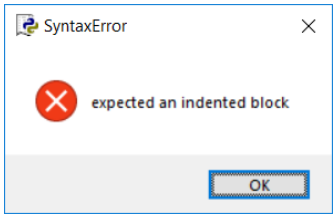
možemo ostaviti samo praznu liniju u tijelu tog uvjeta, već je potrebno napisati naredbu `pass`.

```
rijec = "Srxce"

for e in rijec:
    if e == 'x':

    else:
        print(e)
```

```
Izlaz:
```



U gornjem primjeru možemo primijetiti da je logički uvjet postavljen tako da ako se u varijabli `e` nalazi malo slovo 'x', tada želimo da se izvrši "*ništa*", a u suprotnom neka se sva ostala slova ispisuju. Kada se ovako napisan program pokuša pokrenuti, dobiva se greška da program ne zadovoljava sintaksna pravila. U nastavku je primjer programskoga kôda u kojem se koristi naredba `pass` koja omogućava da se izvrši "*ništa*".

```
rijec = "Srxce"

for e in rijec:
    if e == 'x':
        pass
    else:
        print(e)
```

```
Izlaz:
      S
      r
      c
      e
```

Također, moramo biti svjesni da naredba `pass` ne prekida izvršavanje linija programskoga kôda koje se u nekom tijelu nalaze ispod nje. Primjer programskoga kôda za ovaj slučaj nalazi se u nastavku.

```
rijec = "Srxce"
for e in rijec:
    if e == 'x':
        pass
        print("Ključna riječ pass")
    else:
        print(e)
```

```
Izlaz:
      S
      r
      Ključna riječ pass
      c
      e
```

1.10. Povratna vrijednost funkcije – vraćanje više vrijednosti

Za razliku od mnogobrojnih programskih jezika, kao što su: C, C++, Java, programski jezik *Python* omogućava vraćanje više povratnih vrijednosti u pozivajući dio programa. U nastavku je prikazan primjer u kojem funkcija imena `fun()` vraća u pozivajući dio programa 5 povratnih vrijednosti te se tako vraćene vrijednosti spremaju u 5 različitih varijabli. **Napomena**: povratne vrijednosti koje se vraćaju zapakirane su u n-terac (engl. *tuple*).

```
def fun():
    return 1, 2, 3, 4, 5

a, b, c, d, e = fun()
print(a, b, c, d, e)
```

```
Izlaz:
     1 2 3 4 5
```

1.11. Interaktivni operator '_'

Ako radimo u konzoli programskoga jezika *Python*, svaki zadnji rezultat nekog izraza ili funkcije sprema se u privremenu varijablu imena '_'. U nastavku slijedi primjer gdje se na konzolu ispisuje rezultat zbroja dvaju brojeva, nakon ispisa rezultata, pomoću varijable imena '_' ponovo se ispisuje zadnja ispisana vrijednost.

```
>>> 10 + 6
16
>>> _
16
>>> from math import sqrt
>>> sqrt(_ + 9)
5.0
>>> _
5.0
```

1.12. Vježba: Specifičnosti programskoga jezika *Python*

1. Napišite program unutar kojeg ćete inicijalizirati u neku varijablu listu proizvoljnoga sadržaja (lista od barem 3 vrijednosti). Elemente liste spremite u pojedinačne varijable u jednoj liniji. Nakon što elemente liste imate spremljene u zasebnim varijablama, ispišite vrijednosti tih varijabli.
2. U dvije varijable inicijalizirajte dva različita proizvoljna broja. Nakon inicijalizacije ispišite vrijednosti varijabli na zaslon. Zamijenite vrijednosti tih dviju varijabli te ponovo ispišite njihove nove vrijednosti.
3. S tipkovnice učitajte broj proizvoljne vrijednosti. Za tako učitan broj provjerite zadovoljava li on uvjet: `10 < broj < 30`, ako je uvjet zadovoljen, ispišite na ekran: "Zadovoljava!", ako pak uvjet nije zadovoljen, ispišite na ekran: "Ne zadovoljava!". Ovaj zadatak potrebno je riješiti korištenjem operatora usporedbe, bez korištenja logičkih operatora i logičkih izraza.
4. Kreirajte listu te ju popunite s 5 proizvoljnih vrijednosti (brojeva). Nakon toga učitajte proizvoljnu vrijednost (broj) s tipkovnice. Unutar petlje `for` provjerite nalazi li se vrijednost koju ste učitali s tipkovnice unutar liste. Ako tražena vrijednost (broj) postoji u listi, ispišite na ekran "Postoji!", u suprotnom ispišite na ekran "Ne postoji!".
5. S tipkovnice učitajte broj proizvoljne vrijednosti. Pomoću ternarnog operatora detektirajte je li učitani broj paran ili neparan. Ako je učitani broj paran, ispišite na ekran: "Paran!", ako pak je neparan, ispišite na ekran: "Neparan!".
6. Implementirajte dvije funkcije. Prva funkcija neka se zove `paran()` i ona neka ispisuje na ekran: "Paran!", druga funkcija neka se zove `neparan()` i ona neka ispisuje na ekran: "Neparan!". S tipkovnice učitajte broj proizvoljne vrijednosti te pomoću ternarnog operatora detektirajte je li učitana vrijednost parna ili neparna te ovisno o parnosti pozovite jednu od dviju funkcija koje ste prethodno kreirali.
7. Implementirajte funkciju prototipa `rezultat(var1, var2)`, funkcija može primiti dvije vrijednosti. Tako kreirana funkcija neka u pozivajući dio programa vraća tri vrijednosti dobivene sljedećim aritmetičkim operacijama: `var1*var2`, `var1+var2`, `10*var1+var2`. U glavnom dijelu programa pozovite prethodno implementiranu funkciju te njene povratne vrijednosti spremite u tri zasebne varijable proizvoljnog imena i ispišite ih.
8. * Napišite program unutar kojeg će biti inicijalizirane dvije varijable proizvoljnog imena. U prvu varijablu spremite niz znakova: "Hello World!", a u drugu varijablu spremite listu sadržaja [1, 2, 3, 4]. Ispišite na ekran niz znakova i listu u

obrnutom poretku na dva načina. Najprije vrijednosti ispišite pomoću petlje, a nakon toga vrijednosti ispišite na način koji je objašnjen u poglavlju 1.1. i 1.2.

2. Napredno korištenje funkcija

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći koristiti složenije tipove funkcija:

- *rekurzivne funkcije*
- *bezimene funkcije*
- *ugniježđene funkcije*
- *generatorske funkcije.*

2.1. Rekurzivne funkcije

Rekurzivne funkcije su funkcije koje pozivaju same sebe. Programski kôd koji je napisan pomoću rekurzivnih funkcija je kraći, no rekurzivne funkcije imaju za posljedicu da njihovo izvođenje traje dulje. U nastavku slijedi primjer programskoga kôda koji prikazuje rekurzivni poziv funkcije. U gotovo svoj literaturi gdje se opisuju rekurzivne funkcije za početni primjer se uzima opis matematičke operacije faktorijeli – **n!**.

Uzmimo za primjer da naša rekurzivna funkcija mora izračunati koliko iznosi 4 faktorijela. Matematički gledano rezultat 4! se dobiva na sljedeći način 4*3*2*1 = 24.

```
def faktorijel(x):
    if x <= 1:
        return 1
    else:
        return x * faktorijel(x - 1)


rez = faktorijel(4)
print(rez)
```

```
Izlaz:
     24
```

Napomena

Prototip je zaglavlje funkcije.

Implementacija je tijelo funkcije.

U gornjem primjeru vidimo da prototip naše funkcije izgleda `faktorijel(x)`, dok u samoj implementaciji funkcije možemo raspoznati dva osnovna slučaja.

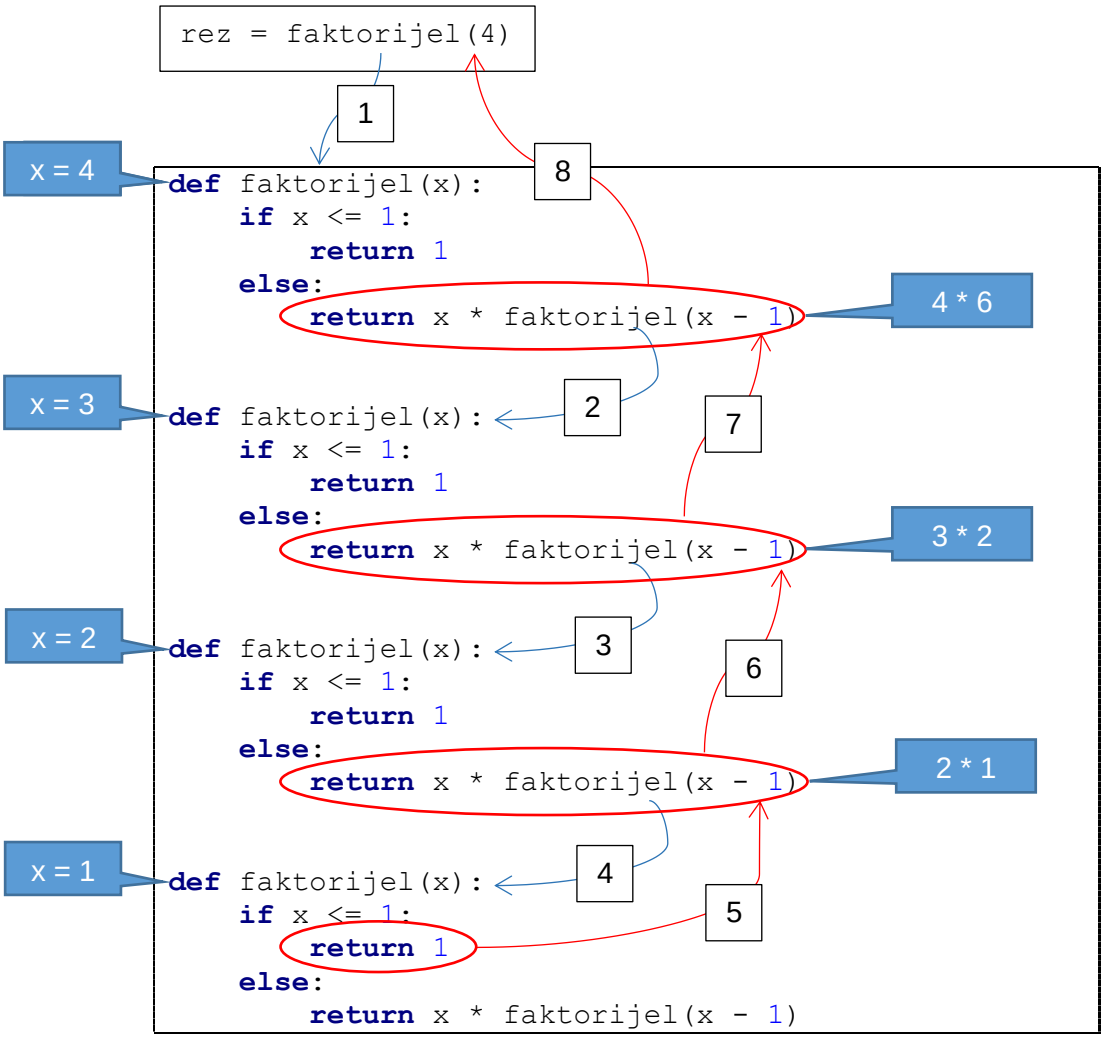
Dva osnovna slučaja:

- osnovni (bazni) slučaj – na temelju ovog uvjeta rekurzivno pozivanje funkcija završava,
- rekurzivni poziv – na temelju ovog uvjeta funkcija se ponovo rekurzivno poziva. Svakim novim rekurzivnim pozivom funkcija je sve bliže osnovnom slučaju.

Gornja funkcija `faktorijel(x)` je pozvana sve skupa 4 puta, jednom je pozvana iz glavnog programa, dok je 3 puta ta funkcija rekurzivno pozvala sama sebe.

U nastavku je detaljniji opis rekurzivnoga pozivanja funkcija gore prikazanoga programskog kôda. Rekurzivno pozivanje funkcija možemo podijeliti na 2 dijela, rekurzivno pozivanje do osnovnog koraka (koraci 1 – 4) i rekurzivno vraćanje natrag (koraci 5 – 8).

```
rez = faktorijel(4)
      = 4 * faktorijel(3)
            = 3 * faktorijel(2)
                  = 2 * faktorijel(1)
                        = 1
                  = 2 * 1
            = 3 * 2
      = 4 * 6
rez = 24
```



Opis koraka

1. Poziva se funkcija `faktorijel(x)` (u nastavku ovoga detaljnog opisa samo *funkcija*). Parametar `x` poprima vrijednost 4, kod ispitivanja uvjeta, uvjet `if` nije zadovoljen, te se izvađa `else` dio, tj. rekurzivno se poziva funkcija s vrijednošću argumenta `x-1` tj. 3.

2. Ponavlja se postupak iz prethodnog koraka (korak 1.), no u ovom slučaju parametar `x` poprima vrijednost 3.
3. Ponavlja se postupak iz prethodnih koraka (korak 1. i 2.), no u ovom slučaju parametar `x` poprima vrijednost 2.
4. U ovom koraku parametar `x` poprima vrijednost 1, no za razliku od prethodnih koraka u ovom koraku uvjet `if` je zadovoljen.
5. Ovaj korak je ustvari osnovni (bazni) slučaj i u ovom koraku kreće rekurzivno vraćanje vrijednosti natrag, u ovom slučaju u pozivajuću funkciju vraća se vrijednost 1.
6. Rekurzivno se vraća vrijednost parametra `x`, tj. 2 iz tog koraka rekurzivne funkcije pomnožen s povratnom vrijednošću osnovnoga (prethodnog) koraka, tj. vrijednošću 1. Rezultat koji se vraća jest 2.
7. Rekurzivno se vraća vrijednost parametra `x`, tj. 3 iz tog koraka rekurzivne funkcije pomnožen s povratnom vrijednošću prethodnog koraka, tj. vrijednošću 2. Rezultat koji se vraća jest 6.
8. Rekurzivno se vraća vrijednost parametra `x`, tj. 4 iz tog koraka rekurzivne funkcije pomnožen s povratnom vrijednošću prethodnog koraka, tj. vrijednošću 6. Rezultat koji se vraća jest 24.

Rekurzivne funkcije ili iterativni način rješavanja problema

Rekurzivne funckije moguće je primijeniti na mnogobrojnim primjerima, no potrebno je razmisliti je li to zaista potrebno (osim ako je rješavanje nekoga problema rekurzijom neophodno). Razlog ovoga promišljanja leži u tome da je rekurzivni poziv funkcije puno "skuplji" od iterativnog rješenja – brzina izvođenja i količina zauzete memorije, tim više ako će dani parametri uzrokovati preveliku dubinu gniježđenja. Funkcionalnost izračuna matematičke operacije faktorijeli, ali u slučaju kada ju napišemo iterativnim postupkom (na primjer, pomoću petlje `for`) puno je efikasnija od rekurzivnog pozivanja funkcije. Razlog u tome leži jer svaki poziv funkcije uključuje operacije kao što su: adresiranje, postavljanje argumenata i povratnih vrijednosti na stog. Struktura podataka stog koristi se za pohranjivanje rezultata i povratak iz rekurzije.

Osnovni (bazni) slučaj

U slučaju da programer izostavi osnovni (bazni) slučaj kod rekurzivnih funkcija, funkcija bi sama sebe rekurzivno pozivala beskonačno puta, a kao posljedica toga u pozivajući dio programa nikada se ne bi vratila vrijednost koju bi takav rekurzivni poziv funkcije morao izračunati.

```
rez = faktorijel (4)
  = 4 * faktorijel (3)
    = 3 * faktorijel (2)
      = 2 * faktorijel (1)
```

Stog

Stog je apstraktna struktura podataka kod koje se svaki novi element dodaje na vrh te strukture. Također, kada se neki element uzima sa stoga, uzima se onaj koji se nalazi na vrhu stoga, tj. element koji je zadnji stavljen na stog. Iz tog razloga ova struktura podataka zove se još i LIFO struktura (engl. Last In First Out).

Stog je detaljnije objašnjen u poglavlju 7.1.

Stack overflow

Stack overflow će se dogoditi ako rekurzivni poziv bude previše dubok ili pak beskonačan.

U tom slučaju prostor za spremanje varijabli i informacija koje su povezane sa svakim rekurzivnim pozivom više ne može stati na stog.

```
= 1 * faktorijel (0)
  = 0 * faktorijel (-1)
    = -1 * faktorijel (-2)
      = -2 * faktorijel (-3)
        = -3 * faktorijel (-4)
          = -4 * faktorijel (-5)
            ....
```

U programskom kôdu koji je prikazan u nastavku vidimo implementaciju funkcije `faktorijel(x)` koja je slična prethodno prikazanom programskom kôdu. Razlika između gornjeg i donjeg primjera je ta što u donjem primjeru ne postoji osnovni (bazni slučaj), koji bi prouzrokovao rekurzivno vraćanje natrag.

```
def faktorijel(x):
    return x * faktorijel(x - 1)


rez = faktorijel(4)
print(rez)
```

```
Izlaz:
     Traceback (most recent call last):
       File "test.py", line 4, in <module>
         rez = faktorijel(4)
       File "test.py", line 2, in faktorijel
         return x * faktorijel(x-1)
       File "test.py", line 2, in faktorijel
         return x * faktorijel(x-1)
       File "test.py", line 2, in faktorijel
         return x * faktorijel(x-1)
       [Previous line repeated 990 more times]
     RecursionError: maximum recursion depth
     exceeded
```

2.2. Bezimene funkcije

U programskom jeziku *Python*, bezimena funkcija je funkcija koja je definirana bez imena. Bezimene funkcije (engl. *anonymous function*) se još nazivaju i lambda funkcije (engl. *lambda function*). Klasične funkcije definiraju se pozivom ključne riječi `def`, dok se bezimene funkcije definiraju korištenjem ključne riječi `lambda`. U kontekstu objektno orijentiranoga programiranja, bezimena funkcija je objekt.

Sintaksa kreiranja bezimene funkcije:

```
lambda [argumenti] : [izraz]
```

Bezimene funkcije mogu imati neograničenu količinu argumenata, svi argumenti se navode ispred dvotočke i međusobno su odijeljeni zarezom. Ovaj tip funkcije sintaksno je ograničen na samo jedan izraz. Takav izraz ima ograničenje da ne može sadržavati petlje: `for`, `while`, a niti pak uvjetne naredbe kao što je `if`. Ovo ograničenje moguće je izbjeći koristeći, na primjer, ternarni operator. Bezimena funkcija će na temelju argumenata izračunati rezultat izraza, te će u pozivajući dio

programa uvijek vratiti izračunatu vrijednost (nije potrebno eksplicitno navoditi ključnu riječ `return` za vraćanje vrijednosti).

U nastavku slijedi primjer korištenja bezimene funkcije:

```
uvecajZa10 = lambda x: x + 10

print(uvecajZa10(5))
```

```
Izlaz:
      15
```

U gornjem primjeru bezimena funkcija je: `lambda x : x + 10`. Argument je varijabla `x`, dok je izraz bezimene funkcije: `x + 10`. Na temelju tog izraza izračunava se rezultat te se on vraća u pozivajući dio programa, tj. u gornjem primjeru ispisuje se na zaslon. Bezimene funkcije nemaju ime, no kreiranu bezimenu funkciju (lambda izraz) moguće je spremiti u varijablu, u gornjem primjeru u varijablu `uvecajZa10`. Ovako kreirana i spremljena bezimena funkcija poziva se na identičan način kao i klasične funkcije.

U nastavku slijedi primjer u kojem je funkcionalnost napisana u prethodnom programskom kôdu pomoću bezimene funkcije ostvarena implementacijom klasične funkcije:

```
def uvecaj(x):
    return x + 10


print(uvecaj(5))
```

```
Izlaz:
      15
```

Primjer bezimene funkcije koja zbraja tri primljena argumenta:

```
zbroji = lambda a, b, c: a + b + c

print(zbroji(1, 2, 3))
```

```
Izlaz:
      6
```

Složenije korištenje bezimenih funkcija

Bezimene funkcije možemo koristiti i kod ugrađenih funkcija gdje se kao argument očekuje funkcija (bilo klasična bilo bezimena, tj. lambda funkcija). Ugrađene funkcije: `filter()`, `map()`, `reduce()` kao prvi argument očekuju upravo funkciju. U nastavku slijedi primjer s ugrađenom funkcijom `filter()` i slanjem bezimene funkcije kao prvi argument. Prototip funkcije `filter()` je:

```
filter(funkcija, iterable)
```

Kao prvi argument funkcija `filter()` očekuje ime klasične funkcije ili pak bezimenu funkciju koja mora vraćati jednu od dvije potencijalne vrijednosti, a to su *True* ili *False*, čiji se rezultat izračunava za svaki pojedini element iz objekta *iterable*. Kao drugi argument očekuje se lista,

n-torka, skup ili bilo koja druga struktura po kojoj je moguće napraviti iteraciju. Funkcija `filter()` uklanja elemente s obzirom na zadani uvjet.

```
lista = [1, 3, 4, 7, 11, 55, 100, 102, 104]
rez = list(filter(lambda e: (e % 2 == 0), lista))
print(rez)
```

```
Izlaz:
      [4, 100, 102, 104]
```

Znači, funkcija `filter()` iterira po primljenoj listi. Za svaku vrijednost pomoću bezimene funkcije, tj. lambda funkcije zaključuje se je li ta vrijednost parna ili neparna. Na temelju izraza bezimene funkcije: `e%2 == 0` lambda izraz vraća vrijednost *True* ili *False*.

U nastavku je prikazan programski kôd s istom funkcionalnošću kao i prethodni primjer, no umjesto korištenja bezimene funkcije korištena je klasična funkcija. Unutar prikazanog programskog kôda korišten je poziv funkcije `list()`, toj funkciji predaje se rezultat funkcije `filter()` iz razloga što funkcija `filter()` vraća iterator.

```
def parnost(x):
    return x % 2 == 0

lista = [1, 3, 4, 7, 11, 55, 100, 102, 104]
rezultat = list(filter(parnost, lista))
print(rezultat)
```

```
Izlaz:
      [4, 100, 102, 104]
```

Klasična funkcija kao objekt može vratiti bezimenu funkciju. Takav primjer programskoga kôda nalazi se u nastavku. Funkcija prototipa `multipliciranje(n)` prima jedan argument `n`. Vrijednost parametra `n` se nakon toga ugrađuje u bezimenu, tj. lambda funkciju. Pretpostavimo da je vrijednost parametra `n` u nekom pozivu 3, tada će se preko povratne vrijednosti klasične funkcije `multipliciranje(n)` vratiti bezimena funkcija:

```
lambda a : a * 3
```

U donjem programskom kôdu tako vraćena bezimena funkcija sprema se u objekt imena `triPuta`. Pozivom bezimene funkcije na način:

```
triPuta(3)
```

varijabla `a` u bezimenoj funkciji mijenja se s vrijednošću 3, te se izračunava rezultat izraza `a*3` i vraća se vrijednosti 9.

```
def multipliciranje(n):
    return lambda a: a * n

dvaPuta = multipliciranje(2)
triPuta = multipliciranje(3)
print(dvaPuta(3))
print(triPuta(3))
```

```
Izlaz:
      6
      9
```

2.3. Ugniježđene funkcije

Ovo poglavlje bavi se ugniježđenim funkcijama (engl. *nested function* ili *inner function*). Ovaj koncept može se definirati kao funkcija unutar funkcije. Pravilo za stvaranje ovakvoga tipa funkcija identično je kao i za klasične funkcije (globalno dohvatljive funkcije) s jedinom razlikom da se ugniježđena funkcija nalazi unutar klasično kreirane funkcije (lokalni doseg globalno kreirane funkcije). Primjer ugniježđene funkcije prikazan je u nastavku.

```
def vanjska():
    print("Vanjska funkcija.")

    def unutarnja():
        print("Unutarnja funkcija.")


vanjska()
```

```
Izlaz:
      Vanjska funkcija.
```

U gornjem primjeru možemo vidjeti implementaciju dviju funkcija `vanjska()` i `unutarnja()`. U glavnom programu poziva se funkcija `vanjska()` te se unutar te funkcije izvršava poziv ugrađene funkcije `print()`, unutar funkcije `vanjska()` implementirana je ugniježđena funkcija `unutarnja()`. Ta funkcija nigdje nije pozvana te se iz tog razloga nije ni izvršila. U nastavku je prikazan primjer programskoga kôda kod kojeg se poziva ugniježđena funkcija `unutarnja()`.

```
def vanjska():
    print("Vanjska funkcija.")

    def unutarnja():
        print("Unutarnja funkcija.")

    unutarnja()


vanjska()
```

```
Izlaz:
      Vanjska funkcija.
      Unutarnja funkcija.
```

Poziv ugniježđene funkcije `unutarnja()` iz glavnog programa.

Primijetimo da se u glavnom programu poziva funkcija `unutarnja()`. To je lokalna funkcija globalne funkcije `vanjska()` te je programski jezik *Python* iz tog razloga javio grešku da ona nije definirana. Vrlo je bitno imati na umu da se ugniježđena funkcija može dohvatiti samo unutar globalne (vanjske) funkcije.

```
def vanjska():
    print("Vanjska funkcija.")

    def unutarnja():
        print("Unutarnja funkcija.")


unutarnja()
```

```
Izlaz:
   Traceback (most recent call last):
     File "test.py", line 7, in <module>
       unutarnja()
     NameError: name 'unutarnja' is not defined
```

Primjer sa slanjem parametara ugniježđenoj funkciji

```
def vanjska(x):
    print("Vanjska funkcija, x =", x)

    def unutarnja(y):
        print("Unutarnja funkcija, y =", y)

    unutarnja(x * 2)


vanjska(10)
```

```
Izlaz:
     Vanjska funkcija, x = 10
     Unutarnja funkcija, y = 20
```

Ugniježđene funkcije najčešće se koriste kako bi se postigla enkapsulacija (engl. *encapsulation*), tj. skrivanje ponašanja nekoga dijela programskoga kôda od ostatka programa. Uzmimo za primjer gornji programski kôd. Implementacija funkcije `unutarnja()` vidi se samo iz funkcije `vanjska()`, što znači da je programski kôd napisan u funkciji `unutarnja()` sakriven od globalnog dosega.

Memoizacija

U nastavku se nalazi primjer programskoga kôda koji pomoću rekurzije ispisuje *Fibonacci* brojeve. Problem donjega primjera leži u činjenici da se s povećanjem ulaznog parametra `n` u funkciju `fibonacci(n)` povećava i broj koraka rekurzivnoga spusta koji računaju vrijednost koja se u nekom prethodnom koraku programskoga kôda već možda i izračunala.

```
def fibonacci(n):
    if n <= 1:
        return n
    else:
        return (fibonacci(n - 1) + fibonacci(n - 2))

print("Fibonacci sekvenca:")
for i in range(9):
    print(fibonacci(i))
```

```
Izlaz:
      Fibonacci sekvenca:
      0
      1
      1
      2
      3
      5
      8
      13
      21
```

Tablica u nastavku prikazuje kako se za svaku pojedinu danu vrijednost funkcija `fibonacci(n)` rekurzivno poziva. Pregled poziva napravljen je na temelju gornjega programskog kôda u kojem se ispisuje prvih 9 *Fibonacci* brojeva. Radi preglednosti u tablici se umjesto imena `fibonacci(n)` koristi ime `f(n)`. Zelenom bojom označene su vrijednosti koje se "izračunavaju" prvi put, dok su žutom bojom označeni pozivi izračuna koji su u nekom od prethodnih koraka već izračunati. Iz tablice je vidljivo da se najviše vremena izvođenja programskoga kôda troši na izračun vrijednosti koje su u nekom od prethodnih koraka već izračunate. Kako bi se spriječilo izračunavanje već izračunatih vrijednosti mogu se koristiti raznorazne programske strukture unutar kojih će se spremiti izračunate vrijednosti koje će se u budućnosti u slučaju potrebe koristiti. Takav postupak naziva se memoizacija.

Pozivi funkcije `fibonacci()`	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	f(0)	f(1)	f(2)	f(3)	f(4)	f(5)	f(6)	f(7)	f(8)
		f(0)	f(1)	f(2)	f(3)	f(4)	f(5)	f(6)	f(7)
			f(0)	f(1)	f(2)	f(3)	f(4)	f(5)	f(6)
				f(0)	f(1)	f(2)	f(3)	f(4)	f(5)
					f(0)	f(1)	f(2)	f(3)	f(4)
						f(0)	f(1)	f(2)	f(3)
							f(0)	f(1)	f(2)
								f(0)	f(1)
									f(0)

Memoizacija je tehnika optimizacije koja se koristi za ubrzavanje računalnih programa pohranjivanjem rezultata skupih poziva funkcija i vraćanjem rezultata iz predmemoriranih podataka kada se isti ulazi ponovno pojave. U ovom slučaju, memoizacija će ublažiti potrebu za ponovnim rješavanjem već riješenih *Fibonaccijevih* brojeva.

U nastavku slijedi primjer programskoga kôda kod kojeg je implementirana memoizacija. Unutar funkcije `fib(n)` implementirana je ugnježđena funkcija `fibMemo(n, m)`. Unutar funkcije `fib(n)`, kreiran je rječnik u kojem je pohranjena prva i druga vrijednost *Fibonacci* niza. Taj se rječnik šalje funkciji `fibMemo(n, memo)` koja pohranjene vrijednosti koristi za izračun ostalih *Fibonacci* brojeva čime se postiže optimizacija brzine izračuna. Svaki put kada se nova vrijednost

Fibonacci niza izračuna, tako izračunata vrijednost stavlja se u riječnik te se koristi u sljedećem koraku rekurzije.

```
def fib(n):
    def fibMemo(n, memo):
        if n in memo:
            return memo[n]

        fib = fibMemo(n-1, memo)+fibMemo(n-2, memo)
        memo[n] = fib
        print(memo)
        return fib

    memo = {1: 1, 2: 1}
    return fibMemo(n, memo)


print(fib(7))
print("---")
print(fib(7))
```

```
Izlaz:
      {1: 1, 2: 1, 3: 2}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3, 5: 5}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3, 5: 5, 6: 8}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3, 5: 5, 6: 8, 7: 13}
      13
      ---
      {1: 1, 2: 1, 3: 2}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3, 5: 5}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3, 5: 5, 6: 8}
      {1: 1, 2: 1, 3: 2, 4: 3, 5: 5, 6: 8, 7: 13}
      13
```

2.4. Generatorske funkcije

Generatorske funkcije (engl. *generator function*) kao rezultat vraćaju generator, tj. objekt po kojem je moguće vršiti iteraciju. U nastavku slijedi usporedba normalnih funkcija i generatorskih funkcija.

Normalne funkcije	Generatorske funkcije
koriste ključnu riječ `return`	koriste ključnu riječ `yield`
vraćaju povratnu vrijednost jednom	otpuštaju vrijednosti više puta
vraćaju vrijednost	vraćaju generator

Generatorske funkcije su u načelu obične funkcije, no za razliku od normalnih funkcija koje za povratnu vrijednosti koriste ključnu riječ `return`, generatorske funkcije koriste ključnu riječ `yield`. Normalne funkcije neku izračunatu vrijednost vraćaju samo jednom, dok generatorske funkcije vraćaju generator objekt (što je zapravo pojednostavljeni iterator). Kroz tako vraćeni generator možemo iterirati po njegovim elementima. Ove funkcije moguće je pauzirati i nastavljati iz glavnog programa ovisno o potrebama (engl. *on the fly*). Generator (kao

i iterator) predstavljaju pogled (engl. *view*) na kolekciju, tj. kolekcija se ne kopira već se samo pristupa njenim elementima.

U nastavku slijedi jednostavan primjer na temelju kojega će se objasniti ponašanje generatorskih funkcija.

```
def generatorska(x):
    while x > 0:
        yield x
        x -= 1


g = generatorska(3)

print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
```

```
Izlaz:
      3
      2
      1
      Traceback (most recent call last):
        File "test.py", line 11, in <module>
          print( next(g) )
      StopIteration
```

U gore prikazanom programskom kôdu vidimo poziv funkcije `generatorska(3)`, taj poziv nije izvršio tu funkciju već je u varijablu `g` vratio generator. Elemente generatora dobivamo pozivom funkcije `next()`. Kada prvi put pozovemo funkciju `next(g)`, programski kôd implementirane generatorske funkcije krenut će se izvršavati do prvog pojavljivanja ključne riječi `yield`. Ključna riječ `yield` u gornjem primjeru vraća vrijednost varijable `x`. Nakon što je vrijednost varijable `x` vraćena, generatorska funkcija ne završava već se pamti cjelokupno stanje iste do sljedećeg poziva. Kod sljedećeg poziva generatorske funkcije, tj. naredbom `next(g)` programski kôd u funkciji će se nastaviti izvršavati od zadnjeg poziva naredbe `yield`, tako dugo dok se ponovo ne pojavi ključna riječ `yield` ili pak generatorska funkcija završi. Onoga trenutka kada izvođenje generatorske funkcije dođe do kraja ili pak do naredbe `return`, generator završetak iteracije signalizira pogreškom `StopIteration`. Ovu pogrešku možemo vidjeti kod ispisa greške četvrtoga poziva funkcije `next(g)`. Ova pogreška dogodila se zato što je generator došao do kraja, tj. vrijednost varijable `x` je postala 0 te je `while` petlja unutar koje se poziva naredba `yield` završila.

U nastavku se nalazi primjer kôda u kojem se u varijablu `g` vratio generator, a po elementima toga generatora iterira se pomoću `for` petlje.

```
def generatorska(vrijednost):
    i = 0
    while i < vrijednost:
        yield i
        i += 1


g = generatorska(4)
for e in g:
    print(e)
```

```
Izlaz:
     0
     1
     2
     3
```

Sljedeći primjer prikazuje slučaj kod kojeg se u varijablu `g` vraća generator. Pomoću funkcije `list()` elementi danoga generatora konvertiraju se u listu.

```
def generatorska(vrijednost):
    i = 0
    while i < vrijednost:
        yield i
        i += 1


g = generatorska(4)

print(list(g))
```

```
Izlaz:
     [0, 1, 2, 3]
```

Napomena:

Povratna vrijednost generatorske funkcije, a to je generator omogućava samo jedan prolaz kroz svoje elemente.

U nastavku je prikazan primjer kod kojeg se najprije putem petlje `for` iterira po svim elementima generatora, a nakon toga se ispisuje koliko elemenata ima u generatoru, jer je petlja `for` prošla po svim elementima generatora taj je rezultat 0.

```
def generatorska(vrijednost):
    i = 0
    while i < vrijednost:
        yield i
        i += 1


g = generatorska(4)

for e in g:
    print(e)

duljinaNakonIteriranja = len(list(g))
print("Broj elemenata: ", duljinaNakonIteriranja)
```

```
Izlaz:
      0
      1
      2
      3
      Broj elemenata:  0
```

2.5. Vježba: Napredno korištenje funkcija

1. Napišite funkciju proizvoljnog imena koja prima proizvoljnu pozitivnu cjelobrojnu vrijednost. Rezultat je zbroj svih brojeva od 1 do primljene vrijednosti. Na primjer, ako funkcija primi vrijednost 5, u pozivajući dio programa mora se vratiti vrijednost 1+2+3+4+5 = *15*. Ovo je potrebno implementirati pomoću rekurzivne funkcije.

2. Napišite program koji će s tipkovnice učitati jednu proizvoljnu cjelobrojnu vrijednost. Za tako učitani cijeli broj prebrojite i ispišite koliko se parnih znamenki nalazi u njemu. Prebrojavanje parnih znamenki napravite pomoću rekurzivne funkcije. Na primjer, za broj 12345, potrebno je na zaslon ispisati vrijednost 2.

3. Napišite bezimenu funkciju koja prima 3 vrijednosti (pretpostavimo da su sve tri vrijednosti pozitivne i strogo veće od 0). Ta bezimena funkcija izračunava i vraća rezultat matematičke formule: `(a*b + c) / c`. U glavnom programu ispišite rezultat matematičke formule za sljedeće vrijednosti: `a = 5`, `b = 10`; `c = 2`.

4. Nadogradite prethodni zadatak tako da prethodno implementirana bezimena funkcija može primiti 3 vrijednosti u rasponu od <-∞, ∞>. Ako izračun nije moguće provesti, ispišite poruku: "Greška u predanim podacima!", u suprotnom ispišite rezultat matematičke formule. Napomena: obradite slučaj dijeljenja s 0.

5. Isprobajte korištenje ugniježđenih funkcija. Vanjska funkcija imena `izracun()` neka prima dva parametra. Unutar vanjske funkcije kreirajte dvije unutarnje funkcije imena `parniZbroj()` i `neparniZbroj()`. Funkcija `parniZbroj()` neka vraća rezultat matematičke formule *`2*a+5*b`*, a funkcija `neparniZbroj()` neka vraća rezultat matematičke formule *`a*b-10`*. Koja će se od dviju kreiranih unutarnjih funkcija pozvati neka se odredi na temelju parnosti zbroja primljenih parametara *`a+b`*. U glavnom programu na zaslon ispišite rezultat.

6. Implementirajte generatorsku funkciju imena `danUTjednu()`, funkcija mora vratiti generator s danima u tjednu. Nakon što svi dani u tjednu budu otpušteni, ne kreće se ponovo s otpuštanjem vrijednosti od ponedjeljka. U glavnom programu pozivom implementirane generatorske funkcije ispišite sve dane u tjednu.

7. Implementirajte generatorsku funkciju imena `jedanDvaTri()` koja vraća generator koji pak vraća vrijednosti: "Jedan", "Dva", "Tri", "Jedan", "Dva", "Tri", "Jedan", "Dva", "Tri" i tako u beskonačnost. U glavnom programu ispišite proizvoljan broj puta sekvencu: "Jedan", "Dva", "Tri".

8. * Napišite program koji će od korisnika tražiti dvije vrijednosti. Prva vrijednost neka bude neki proizvoljan cijeli broj, a druga

vrijednost neka bude znamenka od 0 do 9. Kreirajte rekurzivnu funkciju koja će odrediti broj pojavljivanja zadane znamenke u zadanom broju. Prototip funkcije:

```
prebroji(broj, znamenka)
```

9. * Napišite program koji će s tipkovnice učitati jednu proizvoljnu cjelobrojnu vrijednosti. Za tako učitani broj, odredite pomoću rekurzivne funkcije je li on prost broj. Ako je učitani broj prost, ispišite na zaslon poruku: "Prost je!", u suprotnom ispišite "Nije prost!".

10. ** Pronađite na Internetu u službenoj *Python 3* dokumentaciji funkcionalnost i način korištenja ugrađene funkcije `map()`.

    Službenu *Python 3* dokumentaciju možete pronaći na URL-u: https://docs.python.org/3/.

    Kreirajte listu od 5 proizvoljnih vrijednosti koje će predstavljati temperaturu izraženu u stupnjevima Celzijevim. Napišite bezimenu funkciju koja će uz pomoć funkcije `map()` generirati vrijednost temperature izražene u Farenhajtima. Formula: $(x \times \frac{9}{5}) + 32$, `x` je vrijednost izražena u stupnjevima Celzijevim. Tako dobivenu listu ispišite na ekran.

11. ** Napišite generatorsku funkciju imena `bottles(brojBoca, nazivNapitka)`. Ova funkcija mora vratiti generator koji otpušta stihove pjesme: "99 Bottles of Beer". Svaki stih ove pjesme ima za jedan napitak manje od prethodnog stiha, tako dugo dok se ne istroše svi napitci. Predefinirana vrijednost za broj boca je *99*, dok je predefinirana vrijednost za naziv napitka "*beer*". U nastavku slijedi primjer ispisa za dani parametar *`brojBoca = 4`*.

    4 bottles of beer on the wall, 4 bottles of beer.
    Take one down and pass it around, 3 bottles of beer on the wall.

    3 bottles of beer on the wall, 3 bottles of beer.
    Take one down and pass it around, 2 bottles of beer on the wall.

    2 bottles of beer on the wall, 2 bottles of beer.
    Take one down and pass it around, 1 bottle of beer on the wall.

    1 bottle of beer on the wall, 1 bottle of beer.
    Take one down and pass it around, no more bottles of beer on the wall.

    No more bottles of beer on the wall, no more bottles of beer.
    Go to the store and buy some more, 99 bottles of beer on the wall.

2.6. Pitanja za ponavljanje: Napredno korištenje funkcija

1. Što su to rekurzivne funkcije?
2. Je li rekurzivni poziv funkcije efikasniji od iterativnog rješenja nekoga problema?
3. S obzirom na prethodno pitanje, zašto je tomu tako?
4. Što će se dogoditi ako je rekurzivna funkcija napisana tako da nema osnovnoga (baznog) slučaja?
5. Što je to bezimena funkcija?
6. Koji je drugi naziv za bezimenu funkciju?
7. Kako izgleda sintaksa bezimenih funkcija?
8. Koliko argumenata može primiti bezimena funkcija?
9. Je li bezimenu funkciju moguće spremiti u objekt (varijablu)?
10. Što su to ugniježđene funkcije?
11. Kada se ugniježđene funkcije najčešće koriste?
12. Koja je razlika između normalnih funkcija i generatorskih funkcija?

3. Iznimke

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *obrađivati iznimke*
- *podizati iznimke*
- *istovremeno obrađivati više tipova iznimaka*
- *prosljeđivati iznimke*
- *koristiti* `else` *i* `finally` *programske blokove.*

S povećanjem kompleksnosti programskoga kôda povećava se i vjerojatnost da se dogodi neki iznimni slučaj ili greška. Takvi iznimni slučajevi i greške koje se mogu dogoditi prilikom izvršavanja programa zovu se iznimke (engl. *exceptions*). U modernim programskim jezicima pa tako i u *Pythonu* iznimke je moguće obraditi na jednostavan način pomoću ugrađenih mehanizama čime se omogućava nesmetano izvršavanje programskoga kôda.

Greške koje se mogu dogoditi moguće je podijeliti u tri skupine grešaka:

- Sintaksne greške – ovaj tip greške događa se u slučaju kada programer napravi grešku koja nije u skladu s pravilima korištenoga programskog jezika, u našem slučaju *Pythona*. Zbog ovakvih se grešaka programski kôd ne može interpretirati i programeru se vraća informacija o grešci. Većinu sintaksnih grešaka relativno je lako ispraviti iz razloga što prilikom pokretanja programa interpreter vraća poziciju i opis greške.

```
prin("Test")
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "C:/test.py", line 1, in <module>
          prin("Test")
      NameError: name 'prin' is not defined
```

```
niz = "abcde"
duljina = niz.len()
print(duljina)
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "C:/test.py", line 2, in <module>
          duljina = niz.len()
      AttributeError: 'str' object has no
      attribute 'len'
```

- Semantičke greške – ovaj tip greške događa se kada je programski kôd napisan prema pravilima odabranoga programskog jezika te se uredno izvršava. Također, kod ovog tipa greške odabrana je ispravna logika, no program ne daje ispravan rezultat. Ovu grešku programer mora pronaći sam.

```
a = 10
b = "abcd"

rez = a + b
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "C:/test.py", line 4, in <module>
          rez = a+b
      TypeError: unsupported operand type(s)
      for +: 'int' and 'str'
```

```
a += 1
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "C:/test.py", line 1, in <module>
          a += 1
      NameError: name 'a' is not defined
```

- Logičke greške – kod ovog tipa greške programski kôd se uredno izvršava, no korištena logika za rješavanje nekoga problema nije ispravna te se dobivaju pogrešni rezultati. Ovu grešku programer mora pronaći sam.

```
a = 10

if a != 100:
    print("Varijabla a je vrijednosti 100!")
else:
    print("Varijabla a nije vrijednosti 100!")
```

```
Izlaz:
      Varijabla a je vrijednosti 100!
```

Pogreške otkrivene tijekom izvršavanja programa nazivaju se iznimkama (engl. *exceptions*). Takve pogreške ne moraju nužno voditi do terminiranja izvršavanja programa, već ih je moguće obraditi o čemu će biti više riječi u ovom poglavlju.

U *Pythonu* sve iznimke nasljeđuju ugrađeni osnovni razred `BaseException`. `BaseException` je bazni razred za sve iznimke dok je `Exception` bazni razred za iznimke koje ne uzrokuju izlaz iz programa. Sve korisničke iznimke trebale bi nasljeđivati razred `Exception`.

U nastavku je prikazana hijerarhija iznimaka razreda `BaseException`. Kao što je iz hijerarhije moguće vidjeti, postoji mnogo različitih iznimaka koje su složene u smislene cjeline, čime se programerima omogućava da iznimke obrađuju na različite načine. Na primjer, podrazredi `IndexError`, `KeyError` pripadaju razredu `LookupError`. Ako se u programskom kôdu hvata iznimka `IndexError`, tada se neće uhvatiti iznimka `KeyError`, no ako se hvata iznimka `LookupError` tada će se uhvatiti bilo koja od dviju iznimaka koje pripadaju razredu `LookupError`.

```
BaseException
 +-- SystemExit
 +-- KeyboardInterrupt
 +-- GeneratorExit
 +-- Exception
      +-- StopIteration
      +-- StopAsyncIteration
      +-- ArithmeticError
      |    +-- FloatingPointError
      |    +-- OverflowError
      |    +-- ZeroDivisionError
      +-- AssertionError
      +-- AttributeError
      +-- BufferError
      +-- EOFError
      +-- ImportError
      |    +-- ModuleNotFoundError
      +-- LookupError
      |    +-- IndexError
      |    +-- KeyError
      +-- MemoryError
      +-- NameError
      |    +-- UnboundLocalError
      +-- OSError
      |    +-- BlockingIOError
      |    +-- ChildProcessError
      |    +-- ConnectionError
      |    |    +-- BrokenPipeError
      |    |    +-- ConnectionAbortedError
      |    |    +-- ConnectionRefusedError
      |    |    +-- ConnectionResetError
      |    +-- FileExistsError
      |    +-- FileNotFoundError
      |    +-- InterruptedError
      |    +-- IsADirectoryError
      |    +-- NotADirectoryError
      |    +-- PermissionError
      |    +-- ProcessLookupError
      |    +-- TimeoutError
      +-- ReferenceError
      +-- RuntimeError
      |    +-- NotImplementedError
      |    +-- RecursionError
      +-- SyntaxError
      |    +-- IndentationError
      |         +-- TabError
      +-- SystemError
      +-- TypeError
      +-- ValueError
      |    +-- UnicodeError
      |         +-- UnicodeDecodeError
      |         +-- UnicodeEncodeError
      |         +-- UnicodeTranslateError
      +-- Warning
           +-- DeprecationWarning
           +-- PendingDeprecationWarning
```

```
            +-- RuntimeWarning
            +-- SyntaxWarning
            +-- UserWarning
            +-- FutureWarning
            +-- ImportWarning
            +-- UnicodeWarning
            +-- BytesWarning
            +-- ResourceWarning
```

3.1. Primjeri iznimaka

U ovom poglavlju obrađene su iznimke koje se najčešće pojavljuju. Detaljniji opis ostalih iznimaka koje se mogu pojaviti moguće je pronaći u službenoj *Python 3* dokumentaciji. Također, treba napomenuti da nije dobra praksa hvatati određene tipove iznimaka poput: `SyntaxError`, `NameError`.

SyntaxError

Ovaj tip greške javlja se kada programer napiše programski kôd koji nije u skladu s pravilima (sintaksom) *Pythona*. Zbog ovog tipa pogreške interpreter ne zna kako interpretirati napisani programski kôd.

```
>>> return
SyntaxError: 'return' outside function
>>>
>>> None = 1
SyntaxError: can't assign to keyword
>>>
>>> 10 20
SyntaxError: invalid syntax
>>>
>>> iff x==0:

SyntaxError: invalid syntax
>>>
```

Python nije 100 % interpreterski programski jezik već se svaka skripta prije izvršavanja kompajlira u bajt-kôd (engl. *bytecode*). Već prilikom toga procesa otkrivaju se sintaksne pogreške, što znači da je u trenutku izvršavanja programa skripta već prevedena i da nisu pronađene nikakve sintaktičke pogreške. Što opet znači da se iste ne mogu uhvatiti unutar skripte osim u nekoliko posebnih slučajeva. Tip greške `SyntaxError` moguće je uhvatiti ako se ona dogodi u programskom kôdu koji se izvršava pozivom funkcija: `exec()` ili `eval()` te uključivanjem modula u program pomoću `import`.

NameError

Ovaj tip greške javlja se kada korištena varijabla nije definirana, tj. kada joj nije pridružena neka konkretna vrijednost. Uz informaciju o tipu greške ispisuje se i ime varijable koja nije definirana.

```
>>> novaVarijabla
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#9>", line 1, in <module>
    novaVarijabla
NameError: name 'novaVarijabla' is not defined
>>>
>>>
>>> print(novaVarijabla)
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#10>", line 1, in <module>
    print(novaVarijabla)
NameError: name 'novaVarijabla' is not defined
>>>
>>> 10 + novaVarijabla
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#11>", line 1, in <module>
    10 + novaVarijabla
NameError: name 'novaVarijabla' is not defined
>>>
```

`NameError` je jedna od iznimaka koje se u praksi ne hvataju često već je potrebno napisati programski kôd na način da se ova iznimka ne dogodi.

TypeError

Ovaj tip greške javlja se kada operaciju ili funkciju primijenjujemo nad varijablom pogrešnoga tipa podataka. Uz informaciju o tipu greške ispisuje se i njen opis.

```
>>> 10 + "niz znakova"
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#12>", line 1, in <module>
    10 + "niz znakova"
TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'int'
and 'str'
>>>
>>> len(5)
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#13>", line 1, in <module>
    len(5)
TypeError: object of type 'int' has no len()
```

IndexError

Ovaj tip greške javlja se kada operacija ili funkcija prima argument iz, na primjer, liste, niza znakova i slično, a vrijednost na željenom indeksu nije definirana (nepostojeći indeks). Uz informaciju o tipu greške ispisuje se i njen opis.

```
>>> lista = [1, 2, 3, 4]
>>> lista[1]
2
>>> lista[4]
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#23>", line 1, in <module>
    lista[4]
IndexError: list index out of range
>>>
>>> nizZnakova = "SRCE"
>>> nizZnakova[4]
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#25>", line 1, in <module>
    nizZnakova[4]
IndexError: string index out of range
>>>
```

ValueError

Ovaj tip greške javlja se kada operacija ili funkcija prima argument ispravnoga tipa no neispravne vrijednosti. Uz informaciju o tipu greške ispisuje se i njen opis.

```
>>> int("55")
55
>>> int("test")
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#34>", line 1, in <module>
    int("test")
ValueError: invalid literal for int() with base 10:
'test'
>>>
>>> a, b = [1, 2, 3]
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#37>", line 1, in <module>
    a, b = [1, 2, 3]
ValueError: too many values to unpack (expected 2)
>>>
```

KeyError

Ovaj tip greške javlja se kada se u rječniku ne nalazi traženi ključ. Uz informaciju o tipu greške ispisuje se naziv traženoga ključa koji ne postoji u rječniku.

```
>>> rjecnik = {"jedan" : "one", "dva" : "two"}
>>> rjecnik["jedan"]
'one'
>>> rjecnik["jeeeedan"]
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#42>", line 1, in <module>
    rjecnik["jeeeedan"]
KeyError: 'jeeeedan'
>>>
```

AttributeError

Ovaj tip greške javlja se kada se nad nekim objektom poziva atribut koji ne postoji. U donjem primjeru nad objektom `nizZnakova` poziva se metoda `velika()`, no kako ta metoda nije implementirana i *Python* ju ne može pronaći, vraća se ovaj tip greške. Uz informaciju o tipu greške ispisuje se i njen opis.

```
>>> nizZnakova = "zagreb"
>>> nizZnakova.upper()
'ZAGREB'
>>> nizZnakova.velika()
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#48>", line 1, in <module>
    nizZnakova.velika()
AttributeError: 'str' object has no attribute
'velika'
>>>
```

3.2. Obrada iznimaka

U dosadašnjem dijelu ovoga poglavlja obrađene su najčešće iznimke koje se pojavljuju. No sve te iznimke blokiraju, tj. zaustavljaju daljnje izvršavanje programa te same po sebi, ako ih se ne obradi, nisu korisne. Iz tog razloga uvedena je naredba `try … except` koja omogućava hvatanje i obradu iznimaka (engl. *exception haldling*). Unutar tijela naredbe `try`, izvodi se neki programski kôd. Ako se unutar tijela naredbe `try` pojavi iznimka (u ovo je uključen i programski kôd koji se poziva iz ovog tijela), daljnje izvođenje tijela naredbe `try` se prekida te se kreće izvoditi tijelo naredbe `except`. Sintaksa:

```
try:
     <tijeloTryNaredbe>
except:
     <tijeloExceptNaredbe>
```

U nastavku slijedi pokazni primjer kod kojeg je uzrokovana iznimka `IndexError`. Definirana je lista od 4 elementa, a unutar bloka `try` pokušava se ispisati vrijednost na indeksu 4 koja nije definirana. Iz tog razloga izvođenje tijela naredbe `try` se prekida, a pokreće se izvođenje tijela naredbe `except`. U slučaju da se programski kôd napisan unutar naredbe `try` izvršio bez ikakve podignute iznimke, tada se tijelo naredbe `except` preskače.

```
lista = [1, 2, 3, 4]
try:
    print(lista[4])
except:
    print("Podignuta je iznimka!")
```

```
Izlaz:
     Podignuta je iznimka!
```

Kod ovakvog načina obrade iznimaka naredba `except` će pokupiti sve podignute iznimke te se sve one obrađuju na isti način. Što znači da se

na isti način obrađuje iznimka `IndexError` i iznimka `ValueError` i svaka druga podignuta iznimka. Ako se želi napisati programski kôd koji selektivno obrađuje iznimke, sintaksa je sljedeća:

```
try:
     <tijeloTryNaredbe>
except <iznimka1>:
     <tijeloExceptNaredbe1>
except <iznimka2>:
     <tijeloExceptNaredbe2>
except:
     <tijeloExceptNaredbe>
```

Kao što se može vidjeti iz gornjeg primjera sintakse, nakon ključne riječi `except` navodi se ime iznimke i ovakvim načinom možemo uhvatiti i obraditi neki zadatak na način specifičan za tu iznimku. Ako ne želimo selektivno navoditi sve potencijalne iznimke koje se mogu dogoditi, na kraju možemo napisati samo ključnu riječ `except`, koja će uhvatiti sve iznimke koje nisu selektivno navedene.

VAŽNO: Dobra praksa obrade iznimaka jest da se iznimke selektivno obrađuju, tj. da se ne koristi ključna riječ `except` koja hvata sve iznimke koje nisu selektivno navedene. Razlog tome je taj da u slučaju da u tijeku izvršavanja programa nešto pođe po zlu, tada program u tišini nastavlja daljnje izvođenje te je na taj način otežano pronalaženje problema koji se dogodio, a nije prikladno obrađen. Sveobuhvatni blok `except` obično se koristi u slučaju kada se iznimke žele prosljeđivati dalje.

U nastavku slijede dva primjera kod kojih se u `try` bloku podižu iznimke (žutom bojom označen je `except` blok koji je uhvatio iznimku).

Primjer 1:

```
try:
    lista = [1, 2, 3, 4]
    print(lista[4])
except ValueError:
    print("Podigla se ValueError iznimka!")
except IndexError:
    print("Podigla se IndexError iznimka!")
```

```
Izlaz:
     Podigla se IndexError iznimka!
```

Kod prvog primjera podiže se iznimka `IndexError`, jer se pokušava dohvatiti indeks 4 koji ne postoji u varijabli lista.

Primjer 2:

```
try:
    print("niz znakova" + 10)
except ValueError:
    print("Podigla se ValueError iznimka!")
except IndexError:
    print("Podigla se IndexError iznimka!")
except:
    print("Nešto je pošlo po zlu!")
```

```
Izlaz:
     Nešto je pošlo po zlu!
```

Kod drugog primjera podiže se iznimka `TypeError`, no kako tu iznimku nismo selektivno obuhvatili, nju hvata zadnji sveobuhvatni blok `except`. Kao što je gore u tekstu navedeno, sveobuhvatni blok `except` obično se koristi da se iznimke prosljeđuju dalje. Ovo je primjer loše prakse. Ako se želi ova iznimka obraditi prema pravilima struke, tada bi primjer programskoga kôda izgledao ovako:

Primjer 2:

```
try:
    print("niz znakova" + 10)
except ValueError:
    print("Podigla se ValueError iznimka!")
except IndexError:
    print("Podigla se IndexError iznimka!")
except TypeError:
    print("Podigla se TypeError iznimka!")
```

```
Izlaz:
     Podigla se TypeError iznimka!
```

Napomena – objekt iznimke

Također, moguće je pristupiti detaljima (opisu) iznimke. U nastavku je primjer sintakse.

```
try:
     <tijeloTryNaredbe>
except <iznimka1> as <objektIznimke>:
     <tijeloExceptNaredbe1>
except:
     <tijeloExceptNaredbe>
```

Sljedeći primjer prikazuje ispis detalja iznimke iz objekta imena `e`. Ovaj objekt je opcionalan, no ako ga ne navedemo tada opisu iznimke nije moguće pristupati. Ovi podaci nam omogućavaju da na ekran (ili negdje drugdje, na primjer u datoteku) zapišemo što se točno dogodilo i time omogućimo lakši pronalazak i ispravljanje greške.

Objekt iznimke

Objekt iznimke priprada razredu iznimke koja se dogodila, u ovom primjeru to je iznimka `ZeroDivisionError`. On u sebi sadrži poruku o grešci, stacktrace, itd. Pozivom naredbe `print(e)` objekt `e` implicitno se pretvara u `string` čime se dobiva poruka o grešci.

```
try:
    print(1/0)
except ZeroDivisionError as e:
    print(e)
```

```
Izlaz:
     division by zero
```

3.3. Podizanje iznimaka

Do ovog poglavlja sve iznimke podizane su od strane *Pythona*. No ne mora uvijek *Python* biti taj koji će podići iznimku, već iznimku može podići (engl. *raise*) i sam programer. Iznimke se od strane programera podižu kada on sam uvidi da će se za neke ulazne vrijednosti u nastavku programskoga kôda potencijalno dogoditi greška. Za podizanje iznimaka koristi se ključna riječ `raise`. Sintaksom prikazanom u nastavku kreira se objekt koji je tipa `ImeIznimke`. Argument `<opcionalniArgument>` predstavlja poruku greške i ona je tipa niz znakova, tj. `String`.

```
raise ImeIznimke(<opcionalniArgument>)
```

U nastavku slijedi primjer programskoga kôda kod kojeg se podiže iznimka `ValueError` bez opcionalnog argumenta.

```
>>> raise ValueError #ili 'raise ValueError()'
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#51>", line 1, in <module>
    raise ValueError
ValueError
>>>
```

U drugom primjeru programskoga kôda također se podiže iznimka imena `ValueError`, no ovdje se prenosi i opcionalni argument koji detaljnije može opisivati neki događaj. U oba slučaja kreira se objekt tipa `ValueError`.

```
>>> raise ValueError("Ručno se podigla iznimka!")
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#52>", line 1, in <module>
    raise ValueError("Ručno se podigla iznimka!")
ValueError: Ručno se podigla iznimka!
>>>
```

U nastavku slijedi primjer u kojem se podiže i hvata ručno bačena iznimka.

```
try:
    raise ValueError("Iznimka je podignuta!")
except ValueError as e:
    print(e)
```

```
Izlaz:
     Iznimka je podignuta!
```

3.4. Istovremena obrada više tipova iznimaka

U dosadašnjem dijelu teksta ovoga priručnika, kod obrade iznimaka one su se hvatale u svakom `except` bloku, jedna po jedna. No nekad je više različitih tipova iznimaka potrebno obraditi na identičan način. U *Pythonu* je to omogućeno tako da se u zaglavlje bloka `except` navede n-torka unutar koje su popisane sve iznimke koje se žele hvatati unutar nekog `except` bloka. U nastavku je prikazan programski kôd u kojem se najlakše mogu prouzročiti dvije iznimke, iznimka `ValueError` i iznimka `ZeroDivisionError`. U donjem primjeru, iznimke `ValueError` moguće je prouzrokovati tako da se preko tipkovnice unese neki niz znakova unutar kojeg se nalazi znak koji nije broj. Iznimka `ZeroDivisionError` prouzrokuje se tako da se za vrijednost varijable `nazivnik` unese 0. U zaglavlju `except` bloka moguće je vidjeti n-torku unutar koje su navedene obje iznimke i kao takve obrađuju se s istim programskim kôdom.

```
try:
    brojnik = int(input("Brojnik: "))
    nazivnik = int(input("Nazivnik: "))
    rezultat = brojnik / nazivnik
    print(rezultat)
except (ValueError, ZeroDivisionError) as e:
    print("Dogodila se iznimka, opis:", e)
except:
    print("Ostale iznimke!")
```

```
Izlaz 1:
     Brojnik: broj
     Dogodila se iznimka, opis: invalid literal for
     int() with base 10: 'broj'
```

```
Izlaz 2:
     Brojnik: 10
     Nazivnik: 0
     Dogodila se iznimka, opis: division by zero
```

```
Izlaz 3:
     Brojnik: ^C #(Ctrl+C)
     Ostale iznimke!
```

Ctrl+C

Kombinacijom tipki `Ctrl+C` terminira se izvršavanje programa. Ovu kombinaciju tipki moguće je koristiti i kada se želi prekinuti, na primjer, beskonačna petlja.

3.5. Prosljeđivanje iznimaka

Ako se u pozivajući dio programa želi vratiti iznimka koja je uhvaćena unutar, na primjer, funkcije ili metode, to se može napraviti pomoću ključne riječi `raise`.

U funkciji `kolicnik()` koja je implementirana u programskom kôdu prikazanom u nastavku, prilikom dijeljenja s nulom *Python* podiže iznimku `ZeroDivisionError`. Iznimke koje će se dogoditi unutar funkcije `kolicnik()` hvataju se u sveobuhvatnom `except` bloku (blok koji hvata sve iznimke koje se dogode). Unutar `except` bloka u funkciji pomoću ključne riječi `raise` svaka iznimka koja se dogodi prosljeđuje se u glavni program. Tako proslijeđena iznimka podignuta u funkciji `kolicnik()` hvata se unutar glavnog programa. Poziv funkcije

`kolicnik()` u glavnom programu nalazi se unutar `try` bloka, dok blok `except` hvata iznimku `ZeroDivisionError`. Sve ostale iznimke koje će se dogoditi bit će proslijeđene u pozivajući dio programa, no neće biti obrađene.

```
def kolicnik(a, b):
    try:
        rez = a / b
        return rez
    except:
        raise


try:
    brojnik = int(input("Brojnik: "))
    nazivnik = int(input("Nazivnik: "))
    rezultat = kolicnik(brojnik, nazivnik)
    print(rezultat)
except ZeroDivisionError as e:
    print("Dogodila se iznimka, opis:", e)
```

```
Izlaz 1:
     Brojnik: 1
     Nazivnik: 0
     Dogodila se iznimka, opis: division by zero
```

```
Izlaz 2:
     Brojnik: 6
     Nazivnik: 2
     3.0
```

U slučaju da se dogodi iznimka, *Python* će tražiti najbliži `except` blok. Ako se takav blok ne nađe (programer ga nije napisao), *Python* interpreter ima "sveobuhvatni" `except` blok koji će zastaviti program i ispisati poruku o grešci.

Uvijek se ulazi se u prvi `except` blok kod kojeg je uvjet zadovoljen. Na primjer, napisana su dva `except` bloka. Najprije je napisan blok: `except ZeroDivisionError` te je nakon njega napisan blok: `except ArithmeticError`. Prilikom dijeljenja s nulom oba uvjeta su zadovoljena, no kako je `ZeroDivisionError` napisan prvi, on će se i izvršiti.

3.6. Završne akcije: `else` i `finally`

Blok `else`

Blok `else` izvodi se u slučaju kada se unutar bloka `try` ne dogodi iznimka ili ako se on ne završi pozivom naredbe `return`, `break` ili `continue`.

Blok `finally`

Programski kôd koji se nalazi unutar bloka `finally` uvijek će se izvršavati prije završetka obrade iznimke (bilo da se iznimka dogodila ili ne). Blok `finally` obično se koristi za otpuštanje zauzetih resursa (na primjer, zatvaranje toka podataka prilikom rada s datotekama, ovaj primjer prikazan je na kraju ovoga potpoglavlja).

U programskom kôdu koji se nalazi u nastavku kod primjera 1 i 2, vidljivo je da se blok `finally` izvršava neovisno o tome je li se iznimka unutar funkcije `kolicnik()` podigla ili nije.

```
def kolicnik(a, b):
    try:
        rezultat = a / b
    except ZeroDivisionError:
        print("Dijeljenje s nulom!")
    else:
        print("Rezultat je:", rezultat)
    finally:
        print("Izvršavanje finally bloka!")


brojnik = int(input("Brojnik: "))
nazivnik = int(input("Nazivnik: "))
kolicnik(brojnik, nazivnik)
```

```
Izlaz 1:
      Brojnik: 10
      Nazivnik: 2
      Rezultat je: 5.0
      Izvršavanje finally bloka!
```

```
Izlaz 2:
      Brojnik: 10
      Nazivnik: 0
      Dijeljenje s nulom!
      Izvršavanje finally bloka!
```

```
Izlaz 3:
      Brojnik: 10
      Nazivnik: nazivnik
      Traceback (most recent call last):
        File "test.py", line 13, in <module>
          nazivnik = int(input("Nazivnik: "))
      ValueError: invalid literal for int() with
      base 10: 'nazivnik'
```

1. primjer:

U nastavku slijedi primjer iz prakse koji prikazuje korištenje ključne riječi `with` u korelaciji s `try`/`finally` programskim blokom.

```
with open("datoteka.txt", "wb") as f:
    f.write("Hello Python!")
```

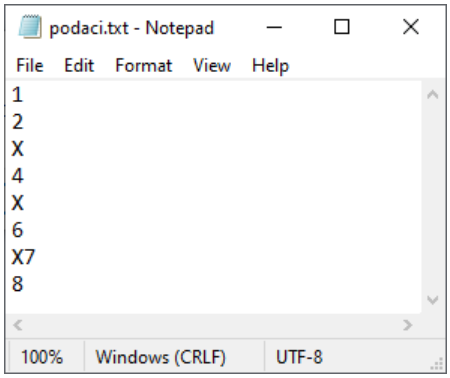
Pomoću naredbe `with`, a nakon izvršavanja pripadajućega programskog kôda, osigurava se otpuštanje zauzetoga resursa, spremljenog u objektu `f`. Prikaz funkcionalnosti naredbe `with`, moguće

je prikazati pomoću `try/finally` programskoga bloka. Unutar `try` bloka otvara se tok podataka prema datoteci te se izvršavaju željene akcije nad datotekom. Nakon što su sve akcije završene tada se uvijek izvršava `finally` blok kod kojeg se otpuštaju resursi koji su bili zauzeti.

```
try:
    f = open("datoteka.txt", "w")
    f.write("Hello Python!")
except IOError:
    print("IOError!")
finally:
    f.close()
```

2. primjer:

U nastavku slijedi primjer programa kod kojeg se čitaju brojevi (linija po linija) iz tekstualne datoteke te se kao rezultat dobiva suma tako pročitanih brojeva. Datoteka `podaci.txt` je sljedećeg sadržaja:



Programski kôd koji čita zapise iz tekstualne datoteke te izračunava sumu pročitanih brojeva izgleda ovako:

```
suma = 0

with open("podaci.txt", "r") as f:
    for linija in f.readlines():
        broj = int(linija)
        suma += broj
        print(linija, end="")

print("\n\nSuma: ", suma)
```

```
Izlaz:
     1
     2
     Traceback (most recent call last):
       File "C:/test.py", line 5, in <module>
         broj = int(linija)
     ValueError: invalid literal for int() with
     base 10: 'X\n'
```

Kao što je moguće vidjeti, došlo je do iznimke. Iznimka se podigla zato što se u datoteci nalaze zapisi koji unutar sebe ne sadrže samo brojeve već i neke ostale znakove. Prilikom pretvaranja takvih zapisa u broj korištenjem funkcije `int()` podiže se iznimka `ValueError`.

Kako bi se izračunala suma brojeva iz datoteke, neovisno sadržava li neki zapis samo brojeve ili pak i nedopuštene znakove (zapisi s nedopuštenim znakovima se ignoriraju), potrebno je napraviti obradu iznimnog slučaja. U nastavku se nalazi primjer programskog kôda koji to omogućava.

```
suma = 0
brojGresaka = 0

with open("podaci.txt", "r") as f:
    for linija in f.readlines():
        try:
            broj = int(linija)
        except ValueError:
            brojGresaka += 1
        else:
            suma += broj
        finally:
            print(linija, end="")

print("\n\nSuma: ", suma)
print("Broj grešaka: ", brojGresaka)
```

```
Izlaz:
      1
      2
      X
      4
      X
      6
      X7
      8

      Suma:  21
      Broj grešaka:  3
```

3.7. Vježba: Iznimke

1. Napišite programski kôd unutar kojeg postoji vjerojatnost da se podigne iznimka `ValueError`. Pokrenite program i namjestite ulazne vrijednosti koje će podići iznimku `ValueError`.
2. Programski kôd iz prethodnog zadatka nadogradite tako da uhvatite iznimku koja se dogodila (napravite da se hvataju sve iznimke, a ne selektivno) te na ekran ispišite poruku "Iznimka je uhvaćena!".
3. Napišite proizvoljni programski kôd unutar kojeg se mogu dogoditi bar dvije vrste iznimaka. Selektivno uhvatite iznimke i ispišite koji tip iznimke je uhvaćen.
4. Nadogradite prethodni zadatak tako da uz ispis tipa uhvaćene iznimke ispišete i detalje (opis) iznimke generirane od strane *Pythona*.
5. Napišite funkciju imena `ucitajPaZbroji()`, koja učitava 3 broja s tipkovnice i ispisuje njihov zbroj. U toj funkciji uhvatite potencijalne iznimke te tako uhvaćene iznimke proslijedite u glavni dio programa (dio programa unutar kojeg je funkcija pozvana) te tamo ispišite da se dogodila iznimka.
6. Prethodni zadatak nadogradite tako da rezultat zbroja ispisujete unutar `else` bloka funkcije imena `ucitajPaZbroji()`. Također, napišite i blok `finally` koji će ispisivati generičku poruku poput: "Finally blok!".

3.8. Pitanja za ponavljanje: Iznimke

1. U koja tri skupa je moguće podijeliti pogreške unutar programskog kôda?
2. Koji razred nasljeđuju sve iznimke u *Pythonu*?
3. Koji se tip iznimke podiže u slučaju da korištena varijabla nije definirana?
4. Koje dvije ključne riječi tvore osnovni blok za obradu iznimaka?
5. Koje dvije dodatne ključne riječi tvore prošireni blok iznimaka?
6. Za što služi `except` blok?
7. Za što služi `else` blok?
8. Za što služi `finally` blok?

4. Objektno orijentirano programiranje

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *kreirati razrede i objekte*
- *razlikovati metode:*
  - *specijalne metode*
  - *metode objekata*
  - *statičke metode*
- *definirati vlasništvo i vidljivost varijable*
- *shvatiti kako funkcionira vidljivost varijable:* `public`, `protected` *i* `private`
- *koristiti svojstva*
- *objasniti i upotrijebiti:*
  - *nasljeđivanje*
  - *preopterećenje*
  - *nadjačavanje u objektno orijentiranom programiranju.*

Način razvoja programskoga kôda koji je prikazan u dosadašnjem dijelu tečaja naziva se proceduralno programiranje. To je način programiranja čija se logika zasniva na temelju funkcija, tj. blokova programskoga kôda.

Izrada programskoga kôda koja će biti objašnjena u ovom poglavlju zove se objektno orijentirano programiranje (kraće OOP). Većinu programa moguće je kvalitetno napisati pomoću proceduralnoga načina razvoja programskoga kôda, no kod velikih projekata preporučljivo je koristiti objektno orijentirano programiranje. Objektno orijentirano programiranje služi smanjenju kompleksnosti razvoja i održavanja programskih rješenja. OOP ne sprječava programere da pišu loš programski kôd već ih usmjerava da razvijaju programski kôd u okvirima standarda ove paradigme.

Kod objektno orijentiranoga programiranja, ideja je da problem koji se rješava bude razdijeljen na što manje logičke cjeline. Na primjer, ako program treba obrađivati podatke o osobama, tada je osnovni tip objekta u tom programu **razred** `Osoba`. Svakoj osobi možemo pridružiti razne parametre ili pak u duhu objektno orijentiranoga pristupa **atribute**. Atributi mogu biti, na primjer, ime, prezime, visina, težina, OIB. Također, svakom razredu (instanca razreda naziva se objekt) pridružene su i pripadajuće akcije, tj. **metode**. Na primjer, osoba može hodati, sjesti, trčati itd., pa tako imamo metode: `hodaj()`, `sjedni()`, `trci()`, koje objektu `Osoba` daju "život". Niže se nalazi ilustrativni prikaz razreda `Osoba`.

Ime razreda:	`Osoba`
Atributi	`ime`
	`prezime`
	`visina`
	`tezina`
	`...`
Metode:	`hodaj()`
	`sjedni()`
	`trci()`
	`...`

Temeljni pojmovi (detaljnije su objašnjeni u narednim poglavljima) objektno orijentiranoga programiranja su:

- razred (engl. *class*)
- objekt (engl. *object*)
- nasljeđivanje (engl. *inheritance*)
- enkapsulacija ili učahurivanje (engl. *encapsulation*)
- apstraktcija (engl. *abstraction*)
- polimorfizam ili višeobličje (engl. *polymorphism*).

4.1. Razredi i objekti

U nastavku slijedi tablica sinonima koji se često pojavljuju prilikom čitanja literature, a imaju isto značenje.

Hrvatski nazivi (sinonimi)			**Engleski nazivi**
Razred	Klasa	-	engl. (*class*)
Atribut	Svojstvo	-	engl. (*attribute*)
Objekt	Instanca	Jedinka	engl. (*instance*)

Razred je osnovna programska cjelina kod objektno orijentiranoga načina programiranja. Unutar razreda zapisan je shematski plan (engl. *blueprint*) te se na temelju njega kreiraju **objekti**. Razred sadrži **atribute** i **metode**. Atributi opisuju objekt raznim podacima, svaki objekt ima kopiju svih atributa. Metode su ustvari funkcije, no one se pozivaju nad objektom kojem je neka metoda pridružena. Pridruživanje metode instanci objekta radi se pomoću parametra `self`. Parametar `self` je objašnjen u nastavku tečaja.

U nastavku se nalazi osnovni primjer kreiranja razreda.

```
class MojRazred:
    # Varijable

    def imeMetode(self):
        # Implementacija metode
```

Svaki razred započinje ključnom riječju `class`, a nakon ključne riječi navodi se proizvoljno ime razreda. Prema *Python* preporuci, riječi naziva razreda pišu se velikim početnim slovom, na primjer: `Osoba`, `KoordinatniSustav` i slično. Unutar tako kreiranog razreda (klase) pišu se:

- atributi – svojstva razreda
- metode – funkcionalnosti razreda.

U nastavku je prikazan programski kôd koji ostvaruje neke funkcionalnosti od samih ljudi. Unutar razreda imena `Osoba` implementirane su tri metode `hodaj()`, `sjedni()`, `trci()`. U glavnom programu kreiran je jedan objekt (instanca) razreda `Osoba` imena `o`. Iz donjeg primjera moguće je vidjeti da se objekt nekoga razreda može kreirati na sljedeći način:

```
imeObjekta = ImeRazreda()
```

Metode nekog objekta pozivaju se pomoću sljedeće sintakse:

```
imeObjekta.imeMetode()
```

Napomena: unutar donjeg primjera vidljivo je da se koristi parametar `self`, taj parametar bit će detaljnije objašnjen u nastavku tečaja.

```
class Osoba:
    def hodaj(self):
        print("Hodaj!")

    def sjedni(self):
        print("Sjedni!")

    def trci(self):
        print("Trci!")


o = Osoba()

o.hodaj()
o.sjedni()
o.trci()
```

```
Izlaz:
      Hodaj!
      Sjedni!
      Trci!
```

U slučaju da je potrebno kreirati "beskoristan" razred koji ne sadrži programski kôd, to je moguće postići na način da se u tijelo kreiranoga razreda napiše naredba `pass`.

U donjem primjeru vidljivo je da je razred imena `Osoba`, razred bez atributa i metoda. Unutar glavnog programa kreirana su tri objekta (instance) razreda `Osoba`, a to su: `o1`, `o2`, `o3`. Iz ispisa je moguće zaključiti da sva tri objekta imaju različitu memorijsku lokaciju, što znači da su sva tri objekta međusobno neovisna.

```
class Osoba:
    pass


o1 = Osoba()
o2 = Osoba()
o3 = Osoba()

print(o1)
print(o2)
print(o3)
```

```
Izlaz:
     <__main__.Osoba object at 0x030EEF30>
     <__main__.Osoba object at 0x035567F0>
     <__main__.Osoba object at 0x03556790>
```

4.2. Vrste metoda

Unutar pojedinog razreda moguće je implementirati nekoliko tipova metoda, a to su:

- specijalne metode
- metode objekta (engl. *instance methods*)
- statičke metode (engl. *static methods*)
- metode razreda (engl. *class methods*) (nije gradovi ovog tečaja).

4.2.1. Specijalne metode

Iako postoji mnoštvo predefiniranih specijalnih metoda, na primjer: `__repr__`, `__str__`, `__format__` i tako dalje, u nastavku će se obraditi samo jedna specijalna metoda, a to je metoda: `__init__`. Specijalne metode su predefinirane metode koje se nalaze unutar svakog razreda. U praksi ova metoda naziva se **konstruktor** (engl. *constructor*). Konstruktor se poziva prilikom instanciranja objekta i njegova je prvenstvena namjena da se atributi inicijaliziraju na željene vrijednosti prije početka korištenja kreiranog objekta.

Sintaksa kreiranja konstruktora **bez parametara** je:

```
def __init__(self):
```

```
class Osoba:

    def __init__(self):
        print("Kreiran je objekt!")


o1 = Osoba()
o2 = Osoba()
```

```
Izlaz:
     Kreiran je objekt!
     Kreiran je objekt!
```

Kao što je vidljivo iz gornjeg primjera, u programu se kreiraju dva objekta: `o1` i `o2`. Nigdje se ne poziva metoda `__init__`, no tijelo te metode se svejedno izvršava te se ispisuje niz znakova "Kreiran je objekt!". Razlog tog izvršavanja je jer se ta metoda, tj. konstruktor automatski pokreće prilikom kreiranja objekta razreda u kojem se on nalazi.

Sintaksa kreiranja konstruktora **s parametrima** je:

```
def __init__(self, [arg1, …]):
```

Konstruktor osim inicijalizacije objekta kreira i atribute te ih postavlja na željene vrijednosti. Kod drugih programskih jezika svi se atributi moraju definirati posebno izvan konstruktora, a unutar konstruktora se onda eventualno (ako programska logika to zahtjeva) postavljaju na inicijalne vrijednosti.

```
class Osoba:
    def __init__(self, vrijednost):
        self.ime = vrijednost


o1 = Osoba("Marko")
o2 = Osoba("Marija")

print(o1.ime)
print(o2.ime)
```

```
Izlaz:
     Marko
     Marija
```

U gornjem primjeru programskoga kôda vidljivo je da se prilikom instanciranja objekta, razredu `Osoba` prenosi ime, kod prvog poziva ime: "Marko", a kod drugog poziva ime: "Marija". Konstruktor će za svaki pojedini objekt (`o1` i `o2`), atribut `ime` postaviti na predane vrijednosti.

4.2.2. Metode objekta

Ako se metoda nekog razreda želi povezati s nekim objektom, to je moguće napraviti pomoću parametra `self`. Tako povezane metode zovu se metode objekata. Povezivanje metode objekta, uključujući i konstruktor, radi se na način da takva metoda kao prvi parametar prima referencu na objekt. Prema *Python* konvenciji za ime toga parametra uzima se riječ `self`, iako riječ `self` nije ključna riječ.

Sintaksa za definiranje takve metode je:

```
def imeMetode(self, [arg1, …])
```

Sintaksa za pristupanje atributima unutar takve metode je:

```
self.imeAtributa
```

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime

    def ispisPodataka(self):
        print("Podaci su: ", self.ime, self.prezime)

    def hodaj(self):
        print(self.ime, "hoda!")


o1 = Osoba("Ivan", "Horvat")
o2 = Osoba("Ana", "Hrvat")

o1.ispisPodataka()
o2.ispisPodataka()

o1.hodaj()
o2.hodaj()
```

```
Izlaz:
      Podaci su:  Ivan Horvat
      Podaci su:  Ana Hrvat
      Ivan hoda!
      Ana hoda!
```

U gornjem primjeru kreiran je razred imena `Osoba`. Kreirani razred sastoji se od konstruktora, dva atributa i dvije metode. U glavnom dijelu programa kreirana su dva objekta razreda `Osoba`. Prilikom kreiranja objekata `o1` i `o2` automatikom se poziva konstruktor koji atributima svakog objekta postavlja predane vrijednosti, ime i prezime. Nakon kreiranja objekata razreda, nad oba objekta pozvana je metoda `ispisPodataka()`. Ta metoda ispisuje vrijednosti argumenata `ime` i `prezime` pojedinog objekta. Sintaksa poziva metode nad objektom s dodatnim argumentima je:

```
imeObjekta.imeMetode([arg1, …])
```

Na kraju je pozvana metoda `hodaj()` koja ispisuje ime osobe koja hoda. Potrebno je obratiti pažnju na parametar `self`. Ako se taj parametar slučajno izostavi, program neće raditi ispravno te će se vratiti greška.

Primjeri potencijalnih grešaka – parametar `self`

1. primjer – izostavljen parametar `self` kod dohvaćanja vrijednosti atributa unutar metode objekta. U primjeru programskoga kôda izostavljeni kôd je precrtan i markiran žutom bojom.

Uvidom u ispis greške, može se primijetiti da *Python* ne može pronaći atribut naziva `prezime`. To se dogodilo zato što *Python* nije znao iz kojeg objekta uzeti vrijednost atributa `prezime`.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime

    def ispisPodataka(self):
        print("Podaci su: ", self.ime, self.prezime)

o = Osoba("Ivan", "Horvat")
o.ispisPodataka()
```

```
Izlaz:
     Traceback (most recent call last):
       File "test.py", line 13, in <module>
         o.ispisPodataka()
       File "test.py", line 8, in ispisPodataka
         print("Podaci su: ", self.ime, prezime)
     NameError: name 'prezime' is not defined
```

2. primjer – parametar `self` izostavljen je iz popisa parametara metode. U primjeru programskoga kôda izostavljeni kôd je precrtan i markiran žutom bojom.

```
class Osoba:
    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime

    def ispisPodataka(self):
        print("Podaci su: ", self.ime, self.prezime)

o = Osoba("Ivan", "Horvat")
o.ispisPodataka()
```

```
Izlaz:
     Traceback (most recent call last):
       File "test.py", line 13, in <module>
         o.ispisPodataka()
     TypeError: ispisPodataka() takes 0 positional
     arguments but 1 was given
```

Iz greške koju je *Python* vratio može se iščitati da metoda imena `ispisPodataka()` u svojoj implementaciji prima 0 parametara, ali jedan argument je predan. No, ako se pogleda poziv te metode koji se nalazi u glavnom programu, vidljivo je da u zagradama nema nikakve predane vrijednosti.

Kada se poziva metoda objekta na način:

```
imeObjekta.imeMetode([arg1, arg2, …])
```

Python će takav poziv automatski konvertirati u poziv oblika:

```
ImeRazreda.imeMetode(imeObjetka,[arg1, arg2, …])
```

Prototip metode objekta:

```
imeMetode(self, [arg1, arg2, …])
```

Ako se pogleda konvertiran poziv metode objekta i prototip metode objekta, može se primijetiti poveznica između njih preko parametra `self`.

4.2.3. **Statičke metode**

Ako se želi omogućiti da se metoda unutar razreda može pozvati, a da poziv nije vezan za instanciran objekt, to je moguće postići pomoću statičkih metoda. Što znači da su statičke metode vezane za razred, a ne za objekt razreda. Za razliku od metoda objekata kod kojih se prilikom poziva potajno šalje prvi parametar `self`, kod statičkih metoda, taj se parametar ne šalje. Ovaj tip metode ne zna ništa o razredu ni o instanciranim objektima toga razreda (ne može pristupati varijablama ni ostalim metodama).

Sintaksa definiranja statičke metode:

```
def imeMetode([arg1, …])
     pass
```

Sintaksa poziva statičke metode:

```
ImeRazreda.imeMetode([arg1, …])
```

Iz donjeg primjera programskoga kôda vidljivo je da unutar glavnog programa nigdje nije kreiran objekt razreda `Osoba`, no metoda imena `punoljetnaOsoba()` uspješno se poziva. Ono što je važno naglasiti jest da se kao prvi parametar statičke metode ne navodi parametar `self`, jer se u statičku metodu ne želi prenositi objekt razreda. Ako se navede parametar `self` tada to više neće biti statička metoda, nego metoda objekta.

```
class Osoba:

    def punoljetnaOsoba(godina):
        return godina >= 18


print(Osoba.punoljetnaOsoba(17))
print(Osoba.punoljetnaOsoba(18))
```

```
Izlaz:
     False
     True
```

U nastavku slijedi primjer kod kojeg se statička metoda poziva nad objektom razreda.

Iz ispisane pogreške moguće je vidjeti da se prilikom poziva statičke metode preko objekta razreda uz broj godina potajno prenosi i ime `self`. Kako bi se izbjegao ovaj problem, uveden je dekorator `@staticmethod`. Ovaj dekorator omogućava da se statička metoda poziva preko objekta razreda.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime):
        self.ime = ime

    def punoljetnaOsoba(godina):
        return godina >= 18


o = Osoba("Marko")
print(o.punoljetnaOsoba(17))
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "test.py", line 10, in <module>
          print(o.punoljetnaOsoba(17))
      TypeError: punoljetnaOsoba() takes 1
      positional argument but 2 were given
```

Sintaksa definiranja statičke metode uz dekorator `@staticmethod`:

```
@staticmethod
def imeMetode([arg1, …])
     pass
```

Sintaksa poziva statičke metode uz dekorator `@staticmethod`:

1. način: `ImeRazreda.imeMetode([arg1, …])`
2. način: `imeObjekta.imeMetode([arg1, …])`

Primjer korištenja statičke metode uz dekorator `@staticmethod` prikazan je u nastavku. Unutar glavnog programa donjega primjera najprije se kreira objekt imena `o` razreda `Osoba`. Nakon što je objekt kreiran, prikazana su dva načina kako je moguće pozvati statičku metodu. U ovom slučaju zbog korištenja dekoratora `@staticmethod` prilikom interpretiranja programskoga kôda ne izaziva se pogreška.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime):
        self.ime = ime

    @staticmethod
    def punoljetnaOsoba(godina):
        return godina >= 18


o = Osoba("Marko")
print(o.punoljetnaOsoba(17))
print(Osoba.punoljetnaOsoba(18))
```

```
Izlaz:
      False
      True
```

Dekorator

Dekoratori omogućavaju dodatne fukcionalnosti nad postojećim objektom bez izmjene strukture.

4.3. Vlasništvo varijabli

Varijable kreirane u razredu pripadaju tom razredu i nije im moguće pristupati, a da se ne navede naziv objekta ili razreda, ovisno o implementaciji. Varijable unutar razreda možemo podijeliti na dvije vrste, ovisno o tome pripada li varijabla razredu ili pak objektu:

- varijable razreda
- varijable objekta.

Varijable razreda (engl. *class variables*) ili statičke varijable (engl. *static variables*) su dijeljene varijable kroz sve objekte nekoga razreda. Postoji samo jedna vrijednost ove varijable nevezano za to koliko je instanci kreirano što povlači za sobom činjenicu da ako se vrijednost promijeni u bilo kojoj instanci razreda (objektu), sve ostale instance razreda vidjet će promijenjenu vrijednost.

Sintaksa definiranja varijable razreda:

```
class ImeRazreda:
      imeVarijable = <vrijednost>
```

Postavljanje i dohvaćanje vrijednosti unutar razreda:

Sintaksa za postavljanje vrijednosti je:

```
ImeRazreda.imeVarijable = <vrijednost>
```

Sintaksa za dohvaćanje vrijednosti je:

```
ImeRazreda.imeVarijable
```

Postavljanje i dohvaćanje vrijednosti iz glavnog programa:

Sintaksa za postavljanje vrijednosti je:

```
ImeRazreda.imeVarijable = <vrijednost>

imeObjekta.imeVarijable = <vrijednost>
```

Sintaksa za dohvaćanje vrijednosti je:

```
ImeRazreda.imeVarijable

imeObjekta.imeVarijable
```

Varijable objekta (engl. *instance variables*) ili ne-statičke varijable (engl. *non-static variables*) su varijable koje su u vlasništvu objekta razreda (instance). U ovom slučaju svaki objekt ima svoju varijablu, tj. ovakva varijabla nije dijeljena i ni na koji način povezana između različitih instanci jednog te istog razreda. Varijabla objekta vezana je za svaku pojedinu instancu. U programskom kôdu ta se veza ostvaruje korištenjem imena `self`, to ime označava vezu instance razreda (objekta) i same varijable.

Postavljanje i dohvaćanje vrijednosti unutar razreda:

Sintaksa za postavljanje vrijednosti je:

```
self.imeVarijable = <vrijednost>
```

Sintaksa za dohvaćanje vrijednosti je:

```
self.imeVarijable
```

Postavljanje i dohvaćanje vrijednosti iz glavnog programa:

Sintaksa za postavljanje vrijednosti je:

```
imeObjekta.imeVarijable = <vrijednost>
```

Sintaksa za dohvaćanje vrijednosti je:

```
imeObjekta.imeVarijable
```

U nastavku slijedi primjer u kojem je prikazano korištenje obaju tipova varijabli (varijable razreda i varijable objekta).

```
class Demo:
    # Varijabla razreda
    broj = 0

    def __init__(self, naziv):
        # Varijabla objekta
        self.naziv = naziv
        Demo.broj += 1

    def ispis(self):
        print("Kreirano instanci: ", Demo.broj)
        print("Naziv instance: ", self.naziv)


d1 = Demo("PRVA")
d2 = Demo("DRUGA")
d3 = Demo("TRECA ")

d1.ispis()
d2.ispis()
d3.ispis()
```

```
Izlaz:
     Kreirano instanci:  3
     Naziv instance:  PRVA
     Kreirano instanci:  3
     Naziv instance:  DRUGA
     Kreirano instanci:  3
     Naziv instance:  TRECA
```

U gore napisanom programskom kôdu nalaze se dvije varijable, a to su varijabla `broj` i varijabla `naziv`. Varijabla `broj` je varijabla razreda, dok je varijabla `naziv` varijabla objekta. Varijabla `broj` je definirana izvan svih metoda i njezina vrijednost je postavljena na 0. Vrijednost 0 bit će pridružena varijabli `broj` samo jednom, tj. prilikom prvoga kreiranja razreda `Demo`. Prilikom svakoga sljedećeg kreiranja razreda `Demo`

pridruživanje vrijednosti 0 varijabli `broj` neće se izvršiti. Ovu varijablu možemo smatrati globalnom varijablom kroz sve instance razreda `Demo`. Ta globalna vrijednost izražena je prilikom ispisa sadržaja te varijable. Kao što se vidi iz priloženog, za svaku instancu razreda `Demo`, pozvana je metoda `ispis()` i kod svakog poziva ispisana je identična vrijednost, broj 3.

4.4. Vježba: Objektno orijentirano programiranje - I

1. Napišite jednostavni razred imena `Vozilo`. Tako kreirani razred neka bude potpuno prazan, bez atributa i metoda. U glavnom programu kreirajte tri objekta razreda `Vozilo` i pozivom funkcije `print()` ispišite podatke o tim trima objektima.

2. Nadogradite razred imena `Vozilo` iz prethodnog zadatka na način da unutar njega implementirate dvije metode. Metodu `Vozi` i metodu `Koci`. Metoda `Vozi` neka ispisuje na ekran poruku „Vozi!“, a metoda `Koci` neka ispisuje na ekran poruku „Koci!“. Iz glavnog programa pozovite tako napisane metode nad prethodno kreiranim objektima.

3. Nadogradite razred imena `Vozilo` iz prethodnog zadatka tako da mu pridružite tri atributa (pomoću konstruktora): naziv proizvođača, naziv modela, godište modela.

4. Nastavno na prethodni zadatak implementirajte metodu objekta imena `ispis()` koja ispisuje vrijednosti postavljenih atributa. Kreirajte dva objekta razreda `Vozilo` kojima ćete prilikom kreiranja pridružiti proizvoljne vrijednosti te pozivom metode `ispis()` ispišite pridružene vrijednosti.

5. Napišite objektno orijentirani program. Razred programa neka bude `Student` i neka ima sljedeće metode:
   - metoda koja omogućava dodavanje nove ocjene u listu ocjena (metoda objekta),
   - metoda koja vraća aritmetičku sredinu svih ocjena (metoda objekta),
   - metoda koja vraća, ovisno o zaprimljenom argumentu, broj takvih ocjena u listi ocjena (na primjer, ako je primljena vrijednost 5, metoda mora vratiti broj sakupljenih 5-tica), (metoda objekta),
   - metoda koja vraća ukupan broj dodijeljenih ocjena svim studentima zajedno (statička varijabla i statička metoda), ovaj zadatak napravite na dva načina, s dekoratorom `@staticmethod` i bez njega.

   U glavnom programu kreirajte dva objekta razreda `Student`, pomoću metode za upis ocjena unesite minimalno 8 proizvoljnih ocjena te ispitajte ispravnost metode koja vraća aritmetičku sredinu ocjena, metode koja vraća koliko ocjena određene vrijednosti je student sakupio i zatim isprobajte metodu koja vraća koliko je ukupno ocjena dodijeljeno svim studentima zajedno.

4.5. Vidljivost varijable – `public`, `protected`, `private`

Za razliku od drugih programskih jezika kao što su *C++* ili *Java*, *Python* nema efektivan mehanizam koji bi mogao ograničiti programeru pristup varijablama koje se nalaze unutar razreda. No, ipak postoji konvencija pomoću koje se varijablama dodjeljuje jedno od triju svojstava: `public`, `protected`, `private`. Učinkovitost korištenja ove konvencije objašnjena je u nastavku.

Vidljivosti nam omogućavaju da se ostvari enkapsulacija ili učahurivanje (engl. *encapsulation*). Pomoću ovih triju svojstava (`public`, `protected`, `private`) moguće je ograničiti naovlašten pristup do metoda i varijabli. U narednom poglavlju imena *"Svojstva"* opisan je način kako se pristupa varijablama koje su označene kao privatne varijable nekoga razreda (pomoću postavljajućih i dobavljajućih metoda). Enkapsulacija je skrivanje atributa i ponašanja od ostalih razreda. Učahurivanjem se postiže slaba povezanost objekta čime objekti postaju neovisniji i interne promjene jednog objekta ne utječu na rad drugog objekta.

4.5.1. Javne varijable (engl. *Public*)

Sve varijable u *Pythonu*, ako se ne navede drugačije, automatikom postaju javne, što znači da su vidljive i dohvatljive iz svih dijelova programskoga kôda.

U nastavku slijedi primjer programskoga kôda u kojem se prikazuje korištenje javnih varijabli.

```
class Demo:

    def __init__(self, naziv):
        self.naziv = naziv

    def postavi(self, vrijednost):
        self.naziv = vrijednost

    def ispis(self):
        print(self.naziv)



d = Demo("TEST")

d.naziv = "Nova vrijednost"
d.ispis()

d.postavi("Novo")
d.ispis()
```

```
Izlaz:
      Nova vrijednost
      Novo
```

Gore prikazani programski kôd sastoji se od jedne varijable imena `naziv`. Korištena varijabla je javna, tj. dohvatljiva je iz svih dijelova programskoga kôda. Osim što je moguće dohvatiti njenu vrijednost, tu javnu varijablu moguće je i mijenjati iz svih dijelova programskoga kôda.

4.5.2. Zaštićena varijabla (engl. *Protected*)

Ideja ovoga tipa varijable jest da je varijablama moguće pristupiti samo iz razreda i naslijeđenih razreda (naslijeđeni razredi su objašnjeni u nastavku tečaja). No, u *Pythonu* ne postoji mehanizam koji će zaista varijablu zamišljenu da bude tipa zaštićena, zaštititi od neovlaštenog pristupa, već se takvu varijablu samo označava zaštićenom. Ovdje se koristi ustaljena konvencija i programer sâm mora paziti da programski kôd implementira tako da se toj varijabli pristupa samo iz razreda u kojoj je definirana ili iz naslijeđenih razreda. Sintaksa definiranja takve varijable jest da se ispred imena varijable navede znak '_'.

```
class Demo:

    def __init__(self, naziv):
        self._naziv = naziv

    def postavi(self, vrijednost):
        self._naziv = vrijednost

    def ispis(self):
        print(self._naziv)


d = Demo("TEST")
d._naziv = "Nova vrijednost"
d.ispis()
d.postavi("Novo")
d.ispis()
```

```
Izlaz:
      Nova vrijednost
      Novo
```

VAŽNO!

Vanjsko pristupanje privatnim i zaštićenim atributima loša je praksa koju valja izbjegavati!

Kao što se može primijetiti, gornja dva primjera programskoga kôda napisana za zaštićenu varijablu i za javnu varijablu ne razlikuju se ni u čemu drugom već samo u imenovanju varijable: `_naziv`. Kod primjera zaštićene varijable, iako je zabranjeno pristupati toj varijabli izvan razreda `Demo`, varijabli `_naziv` i dalje je moguće pristupiti na način kao da je ona javna, što znači da programer sam mora brinuti da programski kôd bude napisan tako da se varijablama koje su zaštićene pristupa samo unutar razreda ili naslijeđenih razreda, jer *Python* ne brine o sigurnosti varijable.

4.5.3. Privatna varijabla (engl. *Private*)

Ovome tipu varijable moguće je pristupiti samo unutar razreda u kojoj je ta varijabla definirana. Sintaksa označavanja privatne varijable je:

```
__imeVarijable
```

Ispred imena varijable potrebno je dva puta napisati znak '_'. U nastavku slijedi primjer programskoga kôda u kojem se iz glavnog dijela programa želi pristupiti privatnoj varijabli.

```
class Demo:
    def __init__(self, naziv):
        self.__naziv = naziv


d = Demo("Test")
print(d.__naziv)
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "test.py", line 8, in <module>
          print(d1.__naziv)
      AttributeError: 'Demo' object has no attribute
      '__naziv'
```

Prividna "privatnost"

Ostvarivanje privatnosti atributa u programskom jeziku *Python* ostvaruje se na način da *Python* jednostavno mijenja ime atributa i na taj način postiže prividnu "privatnost" koju je moguće zaobići.

Kao što se iz gore prikazanoga primjera vidi, privatnoj varijabli naziva `__naziv` nije moguće pristupiti iz glavnog dijela programa.

Ako je programeru potrebno pristupiti privatnoj varijabli, to je moguće napraviti na sljedeći način:

VAŽNO!

Vanjsko pristupanje privatnim i zaštićenim atributima loša je praksa koju valja izbjegavati!

```
class Demo:
    def __init__(self, naziv):
        self.__naziv = naziv


d = Demo("Test")
print(d._Demo__naziv)
```

```
Izlaz:
      Test
```

Varijabla `__naziv` je i dalje privatna, no na gore prikazan način moguće joj je pristupiti i iz glavnog dijela programa. Sintaksa je:

```
imeObjekta._ImeRazreda__imeVarijable
```

4.6. Svojstva

Iz glavnog dijela programskoga kôda moguće je pristupiti svim varijablama, bilo da su varijable javne, zaštićene ili pak privatne. Poanta zaštićenih i privatnih varijabli jest da im nije moguće pristupati, a ni mijenjati ih iz glavnog programa. U nastavku slijedi primjer koji zaštićenoj varijabli pristupa iz glavnog dijela programskoga kôda.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime):
        self._ime = ime

o = Osoba("Ivica")
print(o._ime)
```

```
Izlaz:
      Ivica
```

Ovakav način pristupanja varijabli imena `_ime` funkcionira, no ta varijabla je zaštićena varijabla i njoj se ne bi smjelo pristupati iz glavnog programa. Jedan od načina kako ispraviti ovakvo pristupanje zaštićenim i privatnim varijablama jest pomoću dobavljajućih metoda (engl. *getter metod*) i postavljajućih metoda (engl. *setter metod*).

VAŽNO!

Glavni razlog za postojanje dobavljajućih i postavljajućih metoda jest taj da u slučaju promjene tipa atributa ili logike kojom se dobavljaju/postavljaju vrijednosti tu promjenu je potrebno napraviti samo na jednom mjestu (unutar dobavljajuće ili postavljajuće metode), a ne na svakom mjestu gdje se u programskom kôdu pristupa tom nekom atributu.

Ovaj način omogućava bolju kontrolu programskoga kôda i lakše upravljanje istim.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime):
        self._ime = ime

    # Dobavljujuća metoda
    def getIme(self):
        return self._ime

    # Postavljujuća metoda
    def setIme(self, ime):
        self._ime = ime


o = Osoba("Ivica")
print(o.getIme())
o.setIme("Perica")
print(o.getIme())
```

```
Izlaz:
      Ivica
      Perica
```

Iz gornjeg primjera je vidljivo da metoda imena `getIme()` vraća vrijednost koja se nalazi u zaštićenoj varijabli `_ime`, a metoda `setIme()` postavlja zaštićenu varijablu `_ime` na vrijednost primljenoga parametra `ime`.

Programski jezik *Python* u svojoj implementaciji ima takozvana "svojstva" koja implementiraju funkcionalnost dobavljajućih i postavljajućih metoda.

Dobavljajuća metoda – `@property`

Dekorator `@property` ustvari implementira dobavljajuću metodu, tj. metodu koja vraća vrijednost pohranjenu u nekoj varijabli. Sintaksa kreiranja ovoga dekoratora je:

```
@property
def imeMetode(self):
      return self._imeVarijable
```

Sintaksa poziva je dobavljajuće metode (iako je ovo metoda, prilikom poziva dobavljajuće metode nije potrebno navoditi zagrade):

```
imeObjekta.imeMetode
```

```
class Osoba:
    def __init__(self, ime):
        self._ime = ime

    @property
    def ime(self):
        return self._ime


o = Osoba("Ivica")
print(o.ime)
```

```
Izlaz:
     Ivica
```

Postavljajuća metoda – `@imeMetode.setter`

Dekorator `@imeMetode.setter` ustvari implementira postavljajuću metodu, tj. metodu koja mijenja vrijednost neke varijable. Sintaksa kreiranja ovoga dekoratora je:

```
@imeMetode.setter
def imeMetode(self, vrijednost):
     self._imeVarijable = vrijednost
```

Sintaksa poziva je (iako je ovo metoda, prilikom poziva postavljajuće metode nije potrebno navoditi zagrade):

```
imeObjekta.imeMetode = <vrijednost>
```

```
class Osoba:
    def __init__(self, ime):
        self._ime = ime

    @property
    def ime(self):
        return self._ime

    @ime.setter
    def ime(self, value):
        self._ime = value


o = Osoba("Ivica")
print(o.ime)
o.ime = "Perica"
print(o.ime)
```

```
Izlaz:
     Ivica
     Perica
```

4.7. Vježba: Objektno orijentirano programiranje - II

1. Napišite razred imena `Osoba` te pomoću konstruktora tome razredu pridružite atribut `imeOsobe`. Tako kreirani atribut `imeOsobe` neka bude **javna** varijabla. U glavnom programu kreirajte jedan objekt razreda `Osoba` te iz njega ispišite vrijednost zapisanu u javnoj varijabli `imeOsobe` (bez korištenja dobavljajuće metode). Nakon što ste ispisali vrijednost spremljenu u varijabli `imeOsobe`, unutar glavnog programa promijenite tu vrijednost u neku drugu proizvoljnu vrijednost te ponovo ispišite vrijednost spremljenu u varijabli `imeOsobe`.

2. Prethodni zadatak prepravite na način da varijabla `imeOsobe` bude **zaštićena** varijabla. Unutar glavnog programa ispišite njenu vrijednost, nakon toga ju promijenite u neku drugu proizvoljnu vrijednost te ju ponovo ispišite. Postoji li razlika u ponašanju *Python* programa naspram 1. zadatka?

3. Prethodni zadatak prepravite na način da varijabla `imeOsobe` bude **privatna** varijabla. Unutar glavnog programa ispišite njenu vrijednost, nakon toga ju promijenite u neku drugu proizvoljnu vrijednost te ju ponovo ispišite. Postoji li razlika u ponašanju *Python* programa naspram 1. tj. 2. zadatka?

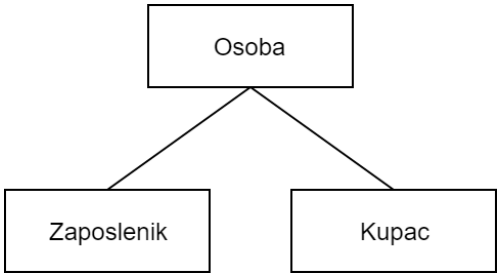
4. Prethodni zadatk prepravite na način da vrijednost **privatne** varijable `imeOsobe` ispišete unutar glavnog programa iako to „nije“ moguće (zaobilaznim putem).

5. Prethodni zadatak prepravite na način da za **privatnu** varijablu `imeOsobe` napišete postavljajuću i dobavljajuću metodu bez korištenja dekoratora. Unutar glavnog programa kreirajte jedan objekt razreda `Osoba`. Pomoću postavljajuće i dobavljajuće metode pristupite varijabli `imeOsobe` te najprije ispišite njenu vrijednost, zatim ju promijenite te ju opet ispišite.

6. Prethodni zadatak prepravite na način da ostvarite identičnu funkcionalnost, no ovog puta koristite dekoratore za postavljajuću i dobavljajuću metodu.

4.8. Nasljeđivanje (engl. *Inheritance*)

Jedno od najvažnijih svojstava objektno orijentiranoga programiranja jest ponovna iskoristivost već napisanoga programskog kôda. Jedan od načina kojim se već napisani programski kôd može iskoristiti na efektivan način jest nasljeđivanje. Nasljeđivanje je osnovna funkcionalnost u objektno orijentiranim programskim jezicima. Nasljeđivanje omogućava da razred specifičnih funkcionalnosti može preuzeti svojstva osnovnoga razreda. Nasljeđivanje je najlakše moguće zamisliti kao vezu između glavnog razreda i njemu podređenoga razreda. Radi lakšeg razumijevanja, u nastavku se nalazi grafički prikaz nasljeđivanja.



Neke od prednosti nasljeđivanja jesu:

- Ako je potrebno promijeniti ili dodati neki novi atribut ili metodu kojom su zahvaćeni svi izvedeni razredi, umjesto da se taj atribut, tj. metoda dodaje na nekoliko mjesta u programskom kôdu (po svim izvedenim razredima), potrebno ga je dodati samo u bazni razred.
- Promjene u jednom izvedenom razredu ne utječu ni na jedan drugi izvedeni razred ili pak osnovni razred.
- Zbog mogućnosti korištenja programskoga kôda iz osnovnog razreda, nije potrebno taj isti kôd pisati (ili pak kopirati) još jednom kao što bi bilo potrebno ako bismo imali neovisne razrede.

Primjer:

U primjeru koji slijedi u nastavku, `Osoba` je **osnovni razred** (engl. *Base class*, *superclass*), dok su `Zaposlenik` i `Kupac` **izvedeni razredi** (engl. *Derived classes*, *subclasses*).

Razred `Osoba`: ovom razredu pridruženi su atributi `ime` i `prezime` te metode `ispis()` i `hodaj()`. Razredi koji opisuju zaposlenika i kupca imaju dodatne atribute i metode koji rade nešto specifično za njih, no istovremeno mogu pristupati i metodama iz osnovnog razreda.

Razred `Zaposlenik`: ovaj razred nasljeđuje razred `Osoba`. Uz atribute i metode iz razreda `Osoba`, ovom razredu dodijeljen je dodatni atribut `placa` i dodatne metode `infoZaposlenik()` i `naplati()`. Ovaj razred može pristupati metodama iz osnovnog razreda.

Razred `Kupac`: ovaj razred također nasljeđuje razred `Osoba`. Uz atribute i metode iz razreda `Osoba`, ovom razredu dodijeljen je dodatni

atribut `tipKupca` i dodatna metoda `infoKupac()` i `kupi()`. Ovaj razred može pristupati metodama iz osnovnog razreda.

Sintaksa kojom izvedeni razred nasljeđuje bazni razred je:

```
class IzvedeniRazred(BazniRazred):
```

Izvedeni razred nadjačava bazni konstruktor pa ga je potrebno eksplicitno pozvati. Kod nekih drugih jezika to je često napravljeno "skriveno, automatski". Sintaksa za eksplicitno pizivanje baznoga konstruktora je:

```
BazniRazred.__init__(self, [param1], …)
```

```
class Osoba:
    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime

    def ispis(self):
        print("Ime:", self.ime)
        print("Prezime:", self.prezime)

    def hodaj(self):
        print("Hodam!")


class Zaposlenik(Osoba):

    def __init__(self, ime, prezime, placa):
        Osoba.__init__(self, ime, prezime)
        self.placa = placa

    def infoZaposlenik(self):
        print("Ime:", self.ime)
        print("Prezime:", self.prezime)
        print("Plaća:", self.placa)

    def naplati(self):
        print("Naplaćujem!")


class Kupac(Osoba):

    def __init__(self, ime, prezime, tipKupca):
        Osoba.__init__(self, ime, prezime)
        self.tipKupca = tipKupca

    def infoKupac(self):
        print("Ime:", self.ime)
        print("Prezime:", self.prezime)
        print("Tip kupca:", self.tipKupca)

    def kupi(self):
        print("Kupujem!")
```

Napomena

Poziv baznoga konstruktora najbolje je staviti odmah na početak konstruktora izvedenoga razreda.

```
o = Osoba("Pero", "Perić")
z = Zaposlenik("Ivo", "Ivić", 10000)
k = Kupac("Lovro", "Lovrić", "Fizički kupac")

print(">>> Klasa Osoba:")
o.ispis()
o.hodaj()
print("\n>>> Klasa Zaposlenik:")
z.infoZaposlenik()
z.ispis()
z.hodaj()
z.naplati()
print("\n>>> Klasa Kupac:")
k.infoKupac()
k.ispis()
k.hodaj()
k.kupi()
```

```
Izlaz:
      >>> Klasa Osoba:
      Ime: Pero
      Prezime: Perić
      Hodam!

      >>> Klasa Zaposlenik:
      Ime: Ivo
      Prezime: Ivić
      Plaća: 10000
      Ime: Ivo
      Prezime: Ivić
      Hodam!
      Naplaćujem!

      >>> Klasa Kupac:
      Ime: Lovro
      Prezime: Lovrić
      Tip kupca: Fizički kupac
      Ime: Lovro
      Prezime: Lovrić
      Hodam!
      Kupujem!
```

Python `super()`

Napomena

Nije dobro miješati `super().__init__()` i `BazniRazred.__init__()` tipove poziva jer mogu uzrokovati neočekivane pogreške.

`super()` vraća objekt koji omogućava referenciranje na bazni razred. Također, omogućava rad s višestrukim nasljeđivanjem (višestruko nasljeđivanje nije obrađeno u ovom priručniku). U gore opisanom primjeru, prilikom nasljeđivanja baznoga razreda, sintaksa pomoću koje se unutar konstruktora izvedenoga razreda postavljaju atributi je:

```
def __init__(self, [param1], …)
     BazniRazred.__init__(self, [param1], …)
```

Elegantniji način za postavljanje atributa jest korištenjem sljedeće sintakse:

```
def __init__(self, [param1], …)
      super().__init__([param1], …)
```

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime


class Zaposlenik(Osoba):

    def __init__(self, ime, prezime, placa):
        super().__init__(ime, prezime)
        self.placa = placa

    def infoZaposlenik(self):
        print("Ime:", self.ime)
        print("Prezime:", self.prezime)
        print("Plaća:", self.placa)


z = Zaposlenik("Pero", "Perić", 10000)
z.infoZaposlenik()
```

```
Izlaz:
      Ime: Pero
      Prezime: Perić
      Plaća: 10000
```

Prednost ovakvoga načina pisanja programskoga kôda jest ta da prilikom slanja atributa u bazni razred nije potrebno pisati parametar `self`. Također, kada se koristi `super()` nije potrebno navoditi ime baznoga razreda, čime se olakšava potencijalna promjena baznoga razreda. Promjenu baznoga razreda u tom slučaju potrebno je navesti samo na jednom mjestu, a ne na dvama.

4.9. Preopterećenje (engl. *Overloading*)

Kada dvije i više metoda imaju identično ime, a različit broj parametara, to se zove preopterećenje (engl. *Overloading*). Preopterećene metode se ustvari tretiraju kao različite metode. Ovdje se može primijetiti jedan od osnovnih pojmova OOP-a, a to je polimorfizam u kojem je ista metoda implementirana i djeluje na različite načine. U nastavku slijedi primjer klase s nekoliko preopterećenih metoda.

```
class Demo:

    def metoda(self, param1=None, param2=None):

        if param1 is None and param2 is None:
            print("Metoda bez parametara!")
```

Razlika: "is" i "=="

Python ima dvije vrste operatora za uspoređivanje, a to su "is" i "==".

Operator "==" uspoređuje jednakost. Rezultat će biti True ako su vrijednosti dviju varijabli iste, nevažno kriju li se te dvije varijable iza istog ili iza različitih objekata.

Operator "is" uspoređuje identitete. Rezultat će biti True ako su vrijednosti dviju varijabli iste te ako obje varijable pokazuju na isti objekt.

```
>>> a = [1, 2]
>>> b = a
>>> a == b
True
>>> a is b
True
>>> b = a.copy()
>>> a == b
True
>>> a is b
False
>>>
>>>
>>>
>>> a = 5
>>> b = 5
>>> a == b
True
>>> a is b
True
>>> b = a
>>> a == b
True
>>> a is b
True
```

Napomena

Za razliku od nekih drugih programskih jezika, preopterećenje u *Pythonu* nije preopterećenje u punom smislu toga termina.

Preopterećenje u *Pythonu* nije sasvim fleksibilno jer koristi opcionalne parametre koji definiraju tijek izvršavanja programa.

Ako bi se preopterećenje u *Pythonu* napisalo kao, na primjer, u *Javi*, tako da se eksplicitno definiraju dvije metode s istim imenom i različitim potpisima, to bi rezultiralo korištenjem samo zadnje definirane metode.

Napomena - `None`

`None` se koristi kako bi se nekoj varijabli pridružila `null` vrijednost ili nikakva vrijednost.

`None` je objekt razreda `NoneType`.

- `None` podržava operatore `==` i `is`.
- `None` nije jednako kao i `False`.
- `None` nije 0.
- `None` nije prazni niz znakova.
- Uspoređujući `None` sa bilo čime, vratit će se `False`, osim u slučaju ako je u objektu koji se uspoređuje sa `None` pohranjeno `None`.

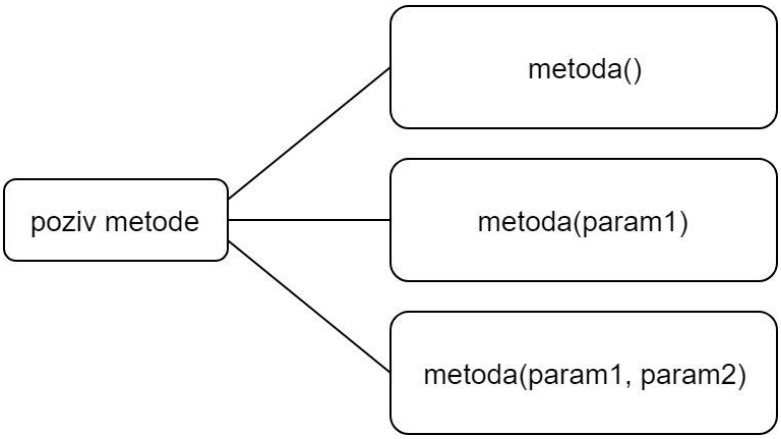
```
        elif param2 is None:
            print("Parametar:", param1)

        else:
            print("Parametri:", param1, "i", param2)

d = Demo()
d.metoda()
d.metoda("A")
d.metoda("A", "B")
```

```
Izlaz:
     Metoda bez parametara!
     Parametar: A
     Parametri: A i B
```

Preopterećenje se koristi kada se želi koristiti metoda jednog imena, no s mogućnošću prenošenja različitoga broja argumenata.



Gore navedeni programski kôd ilustriran je gornjom slikom iz koje se vidi da imamo jednu metodu naziva `metoda()` i nju možemo pozvati na više različitih načina (u gornjem slučaju na 3 različita načina).

- Poziv metode bez argumenata:

  Ako tu metodu pozovemo, a da joj ne prenesemo ijedan argument, tada će varijable `param1` i `param2` poprimiti preddefiniranu vrijednost, tj. `None`.

- Poziv metode s jednim argumentom:

  U ovom slučaju, varijabla `param1` će poprimiti vrijednost prenesenog argumenta, dok će varijabla `param2` poprimiti preddefiniranu vrijednost, tj. `None`.

- Poziv metode s dvama argumentima:

  U ovom slučaju, obje varijable `param1` i `param2` će poprimiti vrijednosti prenesenih argumenata.

4.10. Nadjačavanje (engl. *Overriding*)

Metoda istog imena u izvedenom razredu uvijek nadjačava metodu iz baznog razreda. Razlog za nadjačavanje metode baznoga razreda jest taj što se želi promijeniti funkcionalnost metode baznoga razreda. Također, i ovdje se primijenjuje jedan od osnovnih pojmova OOP-a, a to je polimorfizam u kojem je ista metoda implementirana i djeluje na različite načine u dvama različitim razredima.

U donjem programu kreiran je objekt imena `z` koji je instanca razreda `Zaposlenik`. Metoda imena `ispis()` implementirana je unutar razreda imena `Osoba`. Pozivom metode `ispis()` nad objektom imena `z` koji pripada razredu `Zaposlenik`, pokreće se metoda `ispis()` koju je razred `Zaposlenik` naslijedio iz bazne klase.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime

    def ispis(self):
        print("Ja sam:", self.ime, self.prezime)


class Zaposlenik(Osoba):

    def __init__(self, ime, prezime, placa):
        super().__init__(ime, prezime)
        self.placa = placa


z = Zaposlenik("Pero", "Perić", 10000)
z.ispis()
```

```
Izlaz:
      Ja sam: Pero Perić
```

Ako se nad objektom imena `z` želi pozvati metoda identičnog imena kao metoda `ispis()` koja je implementirana unutar razreda `Osoba`, no drugačije funkcionalnosti, tada se primjenjuje princip nadjačavanja metode (engl. *Overriding*). Ovaj princip se primjenjuje tako da se unutar izvedenog razreda, u gornjem slučaju razreda `Zaposlenik` implementira metoda identičnog imena kao metoda koju se želi nadjačati, ali drugačije funkcionalnosti.

```
class Osoba:

    def __init__(self, ime, prezime):
        self.ime = ime
        self.prezime = prezime

    def ispis(self):
        print("Ja sam:", self.ime, self.prezime)

class Zaposlenik(Osoba):
```

```
    def __init__(self, ime, prezime, placa):
        super().__init__(ime, prezime)
        self.placa = placa

    def ispis(self):
        print("Ime:", self.ime)
        print("Prezime:", self.prezime)
        print("Plaća:", self.placa)
z = Zaposlenik("Pero", "Perić", 10000)
z.ispis()
```

```
Izlaz:
      Ime: Pero
      Prezime: Perić
      Plaća: 10000
```

4.11. Vježba: Objektno orijentirano programiranje - III

1. U ovom zadatku potrebno je simulirati nasljeđivanje. Kreirajte bazni razred imena `Stavka` i dva razreda koji nasljeđuju bazni razred, imena `Sok` i `Hrana`.

   Bazni razred `Stavka` mora sadržavati konstruktor i metodu `cijenaPdv()`. Konstruktor prima dva parametra, naziv i cijenu bez PDV-a. Metoda `cijenaPdv()` mora vratiti cijenu s PDV-om (25%).

   Razred `Sok` mora naslijediti bazni razred te mora sadržavati konstruktor i metodu `ispis()`. Konstruktor prima tri parametara, naziv, cijenu i volumen pića. Primijetite da se naziv i cijena nalaze u baznom konstruktoru. Metoda `ispis()` mora ispisati naziv, cijenu (bez PDV-a) i volumen pića.

   Razred `Hrana` mora naslijediti bazni razred te mora sadržavati konstruktor i metodu `ispis()`. Konstruktor prima tri parametara, naziv, cijenu i broj kalorija hrane. Primijetite da se naziv i cijena nalaze u baznom konstruktoru. Metoda `ispis()` mora ispisati naziv, cijenu (bez PDV-a) i broj kalorija.

   U glavnom programu kreirajte dva objekta, jedan razreda `Sok`, drugi razreda `Hrana`. Nad svakim objektom pozovite njegovu pripadajuću metodu `ispis()` te pomoću metode `cijenaPdv()` iz baznog razreda ispišite cijenu pića ili hrane sa PDV-om.

2. U ovom zadatku potrebno je simulirati nadjačavanje. Nadogradite prethodni zadatak ove vježbe na način da u izvedenim razredima implementirate metodu `cijenaPdv()` koja će nadjačati tu istu metodu iz baznog razreda. Tako implementirana metoda za piće mora vratiti cijenu s porezom od 15%, dok za hranu mora vratiti cijenu s porezom od 5%.

3. U ovom zadatku potrebno je simulirati preopterećenje metode. Kreirajte razred imena `GeometrijskiLik`, on neka implementira jednu metodu razreda imena `opseg()` koja može primiti 0 parametara ili pak maksimalno 3 parametara. Ovisno o broju primljenih parametera ova metoda ispisuje pripadajući rezultat.

   0 parametara – Ispišite poruku o greški (Dogodila se greška!)
   1 parametar – ispišite opseg kruga (2 * r * PI)
   2 parametra – ispišite opseg pravokutinika (2*a + 2*b)
   3 parametra – ispišite opseg raznostraničnog trokuta (a+b+c)

   U glavnom programu pozovite tako implementiranu metodu razreda imena `opseg()` na sva 4 moguća načina.

4.12. Apstraktni razred (engl. *Abtract Base Classes*)

Apstraktni razred (apstrakcija) se obično koristi u sljedećim slučajevima:

- Kada se želi spriječiti da se neki razred može instancirati (nekada nema smisla da se bazni razredi instanciraju, već se želi osigurati da se može instancirati samo izvedeni razred).
- Kada se želi osigurati da razredi koji nasljeđuju bazni razred implementiraju sve metode navedene u apstraktnom razredu identičnih prototipa (one metode koje su apstraktne, tj. bez implementacije).
- Kada se želi postići poveznica između izvedenih razreda (zajednička točka je bazna klasa).

U nastavku se nalazi primjer apstraktnoga razreda. Kako bi se neki razred mogao proglasiti apstraktnim razredom, potrebno je koristiti modul imena `abc`, to ime dolazi od engleskog izraza: *Abstract Base Class*. Sintaksa kojom se neki razred proglašava apstraktnim razredom je:

```
class ImeRazreda(ABC):
```

Neka metoda proglašava se apstraktnom navođenjem dekoratora `@abstractmethod`, primjer sintakse:

```
@abstractmethod
def imeMetode():
     pass
```

```
from abc import ABC, abstractmethod


class Oblik(ABC):

    @abstractmethod
    def brojStranica():
        pass


o = Oblik()
```

```
Izlaz:
     Traceback (most recent call last):
       File "test.py", line 9, in <module>
         o = Oblik()
     TypeError: Can't instantiate abstract class
     Oblik with abstract methods brojStranica
```

U ovom primjeru razred imena `Oblik()` nije mogao biti instanciran jer je on apstraktni razred te se iz tog razloga on ne može instancirati. Potrebno je napisati izvedeni razred koji će naslijediti ovaj apstraktni razred.

```
from abc import ABC, abstractmethod


class Oblik(ABC):

    @abstractmethod
    def brojStranica():
        pass


class Pravokutnik(Oblik):

    def brojStranica(self):
        print("Pravokutnik ima 4 stranice!")


class Trokut(Oblik):

    def brojStranica(self):
        print("Trokut ima 3 stranice!")


p = Pravokutnik()
t = Trokut()
p.brojStranica()
t.brojStranica()
```

```
Izlaz:
      Pravokutnik ima 4 stranice!
      Trokut ima 3 stranice!
```

Izvedeni razred mora implementirati sve apstraktne metode iz baznog razreda. U slučaju da unutar razreda `Trokut` ne bi bila implementirana metoda imena `brojStranica()` *Python* interpreter vratio bi sljedeću grešku: `TypeError: Can't instantiate abstract class Trokut with abstract methods brojStranica.`

Primjer dinamičkoga polimorfizma objekata pri nasljeđivanju:

```
from abc import ABC, abstractmethod


class GeometrijskiLik(ABC):

    @abstractmethod
    def ime():
        pass

    @abstractmethod
    def opseg():
        pass


    @abstractmethod
    def povrsina():
        pass
```

```
class Kvadrat(GeometrijskiLik):

    def __init__(self, a):
        self.a = a

    def ime(self):
        return "Kvadrat"

    def opseg(self):
        return 4 * self.a

    def povrsina(self):
        return self.a * self.a


class Krug(GeometrijskiLik):

    def __init__(self, r):
        self.r = r

    def ime(self):
        return "Krug"

    def opseg(self):
        return self.r * self.r * 3.1415

    def povrsina(self):
        return 2 * self.r * 3.1415


def ispisi(lik):
    print(lik.ime())
    print("O =", lik.opseg())
    print("P =", lik.povrsina())


likKvadrat = Kvadrat(5)
likKrug = Krug(10)

ispisi(likKvadrat)
ispisi(likKrug)
```

```
Izlaz:
      Kvadrat
      O = 20
      P = 25
      Krug
      O = 314.15000000000003
      P = 62.830000000000005
```

U ovom primjeru prikazan je dinamički polimorfizam objekata pri nasljeđivanju. Razred `GeometrijskiLik` je apstraktni razred s tri apstraktne metode: `opseg()`, `povrsina()`, `ime()`. Razredi `Kvadrat` i `Krug` nadjačavaju i implementiraju metode: `opseg()`, `povrsina()` i `ime()`. Metoda `ispisi(lik)` prima instancu razreda `Kvadrat` ili `Krug` te poziva pripadajuće metode za ispis opsega i površine.

4.13. Ulančavanje metoda

Ulančavanje metoda je tehnika koja se koristi za ulančano pozivanje više metoda nad istim objektom, koristeći referencu objekta samo jednom. Ulančavanje metoda postiže se na način da sve metode koje se žele ulančati moraju vratiti `self`.

U nastavku slijedi primjer programskoga kôda kod kojeg je implementirana mogućnost korištenja ulančavanja metoda te pripadajući pozivi razreda `Gradovi` s i bez korištenja ulančavanja.

Unutar implementacije razreda `Gradovi` nalazi se konstruktor, metoda `ispis()` koja ispisuje vrijednost koja je postavljena unutar atributa `naziv` te dvije metode `zagreb()` i `split()` koje postavljaju vrijednost atributa `naziv`. Ove tri metode (bez konstruktora) kao povratnu vrijednost vraćaju `self` čime se omogućava ulančavanje.

Primjer programskoga kôda kod kojeg se metode pozivaju bez ulančavanja:

```
class Gradovi():
    def __init__(self, n = None):
        self.naziv = n

    def ispis(self):
        print(self.naziv)
        return self

    def zagreb(self):
        self.naziv = 'Zagreb'
        return self

    def split(self):
        self.naziv = 'Split'
        return self

g = Gradovi()
g.zagreb()
g.ispis()
g.split()
g.ispis()
```

```
Izlaz:
     Zagreb
     Split
```

Kod ovog primjera svaka od metoda – `zagreb()`, `split()`, `ispisi()` poziva se nad objektom `g` na način da se povratne vrijednosti tih metoda ignoriraju. Primjer koji slijedi u nastavku jest primjer kod kojeg se metode pozivaju pomoću ulančavanja.

```
class Gradovi():
    def __init__(self, n = None):
        self.naziv = n

    def ispis(self):
        print(self.naziv)
        return self

    def zagreb(self):
        self.naziv = 'Zagreb'
        return self

    def split(self):
        self.naziv = 'Split'
        return self


g = Gradovi()
g.zagreb().ispis().split().ispis()
```

```
Izlaz:
      Zagreb
      Split
```

Opis izvršavanja po koracima:

1. korak:

```
g.zagreb().ispisi().split().ispisi()
```

Izvršava se `g.zagreb()`, unutar metode `zagreb()` najprije se atribut `ispis` postavlja na vrijednost ″Zagreb″ te se vraća `self`.

2. korak:

```
obj.ispisi().split().ispisi()
```

Izvršava se `obj.ispisi()`, unutar metode `ispisi()` ispisuje se atribut `ispis` te se vraća `self`. Ime `obj` predstavlja objekt koji je vraćen pomoću naredbe `return` iz prethodne metode.

3. korak:

```
obj.split().ispisi()
```

Izvršava se `self.split()`, unutar metode `zagreb()` najprije se atribut `ispis` postavlja na vrijednost ″Zagreb″ te se vraća `self`.

4. korak:

```
obj.ispisi()
```

Izvršava se `obj.ispisi()`, unutar metode `ispisi()` ispisuje se atribut `ispis` te se vraća `self`.

4.14. Vježba: Objektno orijentirano programiranje - IV

1. Napišite apstraktni razred imena `Zivotinja`. Tako kreirani apstraktni razred neka sadrži apstraktne metode imena `glasanje()` i `pokret()`. Napišite još dva razreda imena `Pas` i `Puz`, ti razredi neka nasljeđuju apstraktni razred `Zivotinja`. U glavnom programu kreirajte po jedan objekt razreda `Pas` i `Puz` te pozovite implementirane metode koje ispisuju kako se određena životinja glasa i kako se kreće.
2. Proučite poglavlje 4.13. i shvatite kako funkcionira prikazani primjer (preporučuje se da prikazani primjer napišete na računalu te ga pokrenete).

4.15. Pitanja za ponavljanje: Objektno orijentirano programiranje

1. Za kompleksnije programe, je li bolji pristup korištenje proceduralnoga programiranja ili objektno orijentiranoga programiranja?
2. Kako se zove osnovna cjelina u objektno orijentiranom programiranju?
3. Kako se naziva specijalna metoda koja se pokreće automatski prilikom instanciranja objekta?
4. Mora li obavezno u svakoj klasi postojati konstruktor?
5. Čemu služi parametar `self`?
6. Koja je razlika između varijable objekta i varijable razreda?
7. Kada je riječ o vidljivosti varijabli, koja tri tipa vidljivosti postoje?
8. Koja je razlika između javne varijable i privatne varijable?
9. Što je nasljeđivanje?
10. Što je preopterećenje?
11. Što je nadjačavanje?

5. Algoritmi sortiranja

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *objasniti što su to algoritmi sortiranja*
- *navesti najpopularnije algoritme sortiranja i njihovu složenost*
- *objasniti kada se koristi ugrađena funkcija* `sort()`*, a kada je potrebno implementirati algoritam za sortiranje podataka*
- *implementirati algoritme: sortiranje biranjem i sortiranjem zamjenom susjednih elemenata.*

Algoritmi sortiranja omogućavaju sortiranje elemenata uzlaznim ili silaznim redoslijedom. Postoji mnogo različitih algoritama koji su razvijeni u svrhu sortiranja elemenata, a u ovom poglavlju opisana je implementacija sljedećih algoritama: sortiranje biranjem, sortiranje zamjenom susjednih elemenata te poboljšani algoritam sortiranja zamjenom susjednih elemenata. Algoritmi koji se najčešće pojavljuju u programskim rješenjima su (s desne strane svakog algoritma nalazi se njegova složenost):

- sortiranje biranjem (engl. *Selection sort*) – $O(n^2)$
- sortiranje zamjenom susjeda (engl. *Bubble sort*) – $O(n^2)$
- sortiranje zamjenom elemenata (engl. *Exchange sort*) – $O(n^2)$
- sortiranje umetanjem (engl. *Insertion sort*) – $O(n^2)$
- sortiranje sjedinjavanjem (engl. *Merge sort*) – O(n log n)
- brzo sortiranje po Hoareu (engl. *Quick sort*) – O(n log n)
- sortiranje razvrstavanjem u pretince (engl. *Bucket sort*) – O(n)

Svaki od ovih algoritama izveden je na drugačiji način (drugačija implementacija) i ima drugačiju složenost, tj. brzinu sortiranja podataka. Razvijen je velik broj algoritama za sortiranje podataka, no izrazito je teško izdvojiti algoritam koji bi bio najbolji. Svaki od razvijenih algoritama ima svoje prednosti i mane te se, ovisno o problemu, odabire algoritam koji će se primijeniti. U *Pythonu* postoji ugrađena metoda `sort()` koja služi za sortiranje podataka. Ova ugrađena metoda izrazito efikasno sortira elemente liste te ju je preporučljivo koristiti gdje god je to moguće. Algoritmi za sortiranje obično se pišu u situacijama kada nije moguće koristiti ugrađenu metodu `sort()`. Na primjer, ako postoje dvije liste, u jednoj listi nalaze se imena osoba, a u drugoj listi nalaze se rezultati natjecanja (podaci su povezani preko zajedničkog indeksa). Ako je potrebno poredati imena osoba uzlazno ovisno o ostvarenim bodovima, tada nije moguće koristiti ugrađenu metodu `sort()`, već je potrebno ručno implementirati algoritam koji će istovremeno sortirati obje liste.

Na poveznici: https://www.toptal.com/developers/sorting-algorithms moguće je vizualno vidjeti razliku u brzini sortiranja pojedinih algoritama.

Složenost algoritma

Složenost algoritma opisana je vremenom koje je potrebno za izvršavanje algoritma.

- O(1) – vrijeme koje je potrebno da se algoritam izvrši **ne ovisi** o količini elemenata u kolekciji
- O(n) – algoritam čije vrijeme izvršavanja linearno ovisi o broju elemenata u kolekciji
- $O(n^2)$ – algoritam čije vrijeme izvršavanja linearno ovisi o kvadratu broja elemenata u kolekciji
- neke od ostalih složenosti: O(n log n), O(n!), $O(n^c)$...

Objašnjenje složenosti na konkretnim primjerima

Neka se za primjer uzme lista koju je potrebno sortirati algoritmima složenosti: $O(1)$, $O(n)$, $O(n \log n)$, $O(n^2)$. U toj listi neka se nalazi 10^6 elemenata (1.000.000), također, uzeta je u obzir najčešća pretpostavka da računalo u sekundi može obraditi 10^9 instrukcija (1.000.000.000). U nastavku se nalazi matematički izračun koliko vremena je potrebno kako bi se izvršila operacija sortiranja liste ovisno o složenosti odabranog algoritma.

- $O(1) = \frac{1}{1.000.000.000} = 0{,}000000001\ sec$
- $O(n) = \frac{1.000.000}{1.000.000.000} = 0{,}001\ sec$
- $O(\mathrm{n} * \log n) = \frac{1.000.000\ \log 1.000.000}{1.000.000.000} = \frac{\log 1.000.000}{1.000} = 0{,}0138\ sec$
- $O(n^2) = \frac{1.000.000 \times 1.000.000}{1.000.000.000} = \frac{1.000}{1} = 1.000\ sec$

5.1. Sortiranje biranjem (engl. *Selection sort*)

Ovaj algoritam zasniva se na traženju vrijednosti, od najmanje prema najvećoj vrijednosti ili pak od najveće prema najmanjoj vrijednosti. U daljnjem tekstu svi algoritmi opisivat će sortiranje elemenata od najmanje vrijednosti prema najvećoj vrijednosti, tj. uzlaznim redoslijedom.

Na početku ovog algoritma pronalazi se najmanja vrijednost, tako pronađena najmanja vrijednost stavlja se na prvo mjesto, nakon toga traži se sljedeća najmanja vrijednost koja se stavlja na drugo mjesto i tako dalje sve do trenutka kada niz bude sortiran.

Niz nad kojim ovaj algoritam radi moguće je podijeliti u dva dijela:

- Unutar prvog dijela niza nalaze se vrijednosti koje su sortirane prema uzlaznom ili silaznom redoslijedu. U vizualnom prikazu ovog algoritma, ovaj dio niza prikazan je zelenom bojom.
- Drugi dio niza sadrži elemente koji nisu sortirani. Unutar ovog dijela niza traži se sljedeći element koji će se staviti na kraj sortiranoga dijela niza. U vizualnom prikazu ovog algoritma, ovaj dio niza prikazan je narančastom bojom.

U nastavku slijedi vizualni prikaz funkcioniranja ovog algoritma.

7	4	2	8	6	**1**	3	5
1	4	**2**	8	6	7	3	5
1	2	4	8	6	7	**3**	5
1	2	3	8	6	7	**4**	5
1	2	3	4	6	7	8	**5**
1	2	3	4	5	7	8	**6**
1	2	3	4	5	6	8	**7**
1	2	3	4	5	6	7	**8**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**

Koraci algoritma:

- U nesortiranom dijelu niza (narančasti dio) traži se najmanja (ili najveća) vrijednost.
- Pronađena najmanja (ili najveća) vrijednost mijenja se s prvim članom nesortiranoga dijela niza.

- Prethodna dva koraka ponavljaju se tako dugo dok cijeli niz ne bude sortiran.

Primjer programskoga kôda ovog algoritma (uzlazno sortiranje):

```
niz = [7, 4, 2, 8, 6, 1, 3, 5]

print("Nesortiran niz:", niz)
brojElemenata = len(niz)

for i in range(brojElemenata):

    minIndex = i
    for j in range(i + 1, brojElemenata):
        if niz[j] < niz[minIndex]:
            minIndex = j

    niz[i], niz[minIndex] = niz[minIndex], niz[i]

    print("Iteracija:", i + 1, niz)

print("Sortiran niz:", niz)
```

```
Izlaz:
     Nesortiran niz: [7, 4, 2, 8, 6, 1, 3, 5]
     Iteracija: 1 [1, 4, 2, 8, 6, 7, 3, 5]
     Iteracija: 2 [1, 2, 4, 8, 6, 7, 3, 5]
     Iteracija: 3 [1, 2, 3, 8, 6, 7, 4, 5]
     Iteracija: 4 [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 5]
     Iteracija: 5 [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 6]
     Iteracija: 6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 7]
     Iteracija: 7 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Iteracija: 8 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Sortiran niz: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

5.2. Sortiranje zamjenom susjednih elemenata (engl. *Bubble sort*)

Još jedan od algoritama sortiranja jest "sortiranje zamjenom susjednih elemenata". Ovaj algoritam prolazi kroz niz te uspoređuje parove vrijednosti, tj. susjedne elemente. U slučaju da su ti elementi (susjedi) u neispravnom poretku, tada se njihove vrijednosti mijenjaju. Algoritam kroz nesortirani dio niza prolazi tako dugo dok niz ne postane sortiran.

Niz nad kojim ovaj algoritam radi moguće je podijeliti u dva dijela:

- Unutar prvog dijela niza nalaze se vrijednosti koje nisu sortirane. U vizualnom prikazu ovog algoritma, ovaj dio niza prikazan je narančastom bojom. Vrijednosti koje se uspoređuju i eventualno mijenjaju (u slučaju neispravnoga poretka) označene su sivom bojom.
- Drugi dio niza sadrži elemente koji su sortirani. U vizualnom prikazu ovog algoritma, ovaj dio niza prikazan je zelenom bojom.

Ovaj algoritam ima složenost $O(n^2)$.

Koraci algoritma:

- Algoritam prolazi kroz nesortirani dio niza (narančasti dio).
- Ako dvije susjedne vrijednosti koje se uspoređuju nisu u ispravnom poretku (ovisno o uzlaznom ili silaznom sortiranju), tako pronađene vrijednosti se mijenjaju. Algoritam nakon zamjene nastavlja dalje od mjesta gdje je zadnji put zamijenio dvije vrijednosti. Onog trenutka kada algoritam dođe do kraja niza, taj niz nije sortiran, već je na zadnje mjesto unutar niza dovedena najveća vrijednost za uzlazno sortirani niz ili pak najmanja vrijednost za silazno sortirani niz.
- Nakon što algoritam dođe unutar jednog prolaza do kraja niza, u sljedećem prolazu on kreće od početka te se u sortirani dio niza dovodi sljedeća najveća vrijednost.

1. prolaz (7 usporedbi)

7	4	2	8	6	1	3	5
4	7	2	8	6	1	3	5
4	2	7	8	6	1	3	5
4	2	7	8	6	1	3	5
4	2	7	6	8	1	3	5
4	2	7	6	1	8	3	5
4	2	7	6	1	3	8	5
4	2	7	6	1	3	5	8

2. prolaz (6 usporedbi)

4	7	2	6	1	3	5	8
4	7	2	6	1	3	5	8
4	2	7	6	1	3	5	8
4	2	6	7	1	3	5	8
4	2	6	1	7	3	5	8
4	2	6	1	3	7	5	8
4	2	6	1	3	5	7	8

3. prolaz (5 usporedbi)

4	2	6	1	3	5	7	8
2	4	6	1	3	5	7	8
2	4	6	1	3	5	7	8
2	4	1	6	3	5	7	8
2	4	1	3	6	5	7	8
2	4	1	3	5	6	7	8

4. prolaz (4 usporedbe)

2	4	1	3	5	6	7	8
2	4	1	3	5	6	7	8
2	1	4	3	5	6	7	8
2	1	3	4	5	6	7	8
2	1	3	4	5	6	7	8

5. prolaz (3 usporedbe)

2	1	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8

6. prolaz (2 usporedbe)

1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8

7. prolaz (1 usporedba)

1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8

Primjer programskoga kôda ovog algoritma (uzlazno sortiranje):

```
niz = [7, 4, 2, 8, 6, 1, 3, 5]

print("Nesortiran niz:", niz)
brojElemenata = len(niz)

for i in range(brojElemenata - 1):

    for j in range(brojElemenata - 1 - i):
        if niz[j + 1] < niz[j]:
            niz[j], niz[j + 1] = niz[j + 1], niz[j]

    print("Iteracija:", i + 1, niz)

print("Sortiran niz:", niz)
```

```
Izlaz:
     Nesortiran niz: [7, 4, 2, 8, 6, 1, 3, 5]
     Iteracija: 1 [4, 2, 7, 6, 1, 3, 5, 8]
     Iteracija: 2 [2, 4, 6, 1, 3, 5, 7, 8]
     Iteracija: 3 [2, 4, 1, 3, 5, 6, 7, 8]
     Iteracija: 4 [2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Iteracija: 5 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Iteracija: 6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Iteracija: 7 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Sortiran niz: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

5.3. Poboljšani algoritam zamjene susjednih elemenata

Prethodno objašnjeni algoritam moguće je poboljšati. Ako se pogleda vizualni prikaz algoritma "sortiranje zamjenom susjednih algoritama", vidljivo je da se u zadnjim dvama koracima nije dogodila nijedna zamjena (6. i 7. prolaz). Algoritam zamjene susjednih elemenata moguće je poboljšati tako da se uvede dodatna varijabla (u donjem primjeru programskoga kôda dodatna varijabla nazvana je imenom `zamjena`). U tu varijablu bit će zapisano je li se unutar nekog prolaza dogodila zamjena ili ne. Ako unutar nekog prolaza po nesortiranom dijelu niza nema zamjene, niz se proglašava sortiranim te se pomoću naredbe `break` prekida daljnje uspoređivanje susjednih elemenata, tj. sljedeći prolazak po nizu.

Ako se pogleda vizualni prikaz funkcioniranja algoritma koji je prikazan u prethodnom poglavlju, kod ovog poboljšanog algoritma taj bi prikaz izgledao ovako:

- Od 1. do 5. prolaza sve ostaje identično.
- U 6. prolazu nema zamjene susjednih elemenata te se preddefinirana vrijednost varijable `zamjena` ne postavlja na `True`. Na kraju ovoga prolaza, poziva se naredba `break` koja sprječava algoritam u daljnjim prolascima po nizu.
- 7. prolaz se neće dogoditi.

U nastavku slijedi prikaz programskoga kôda poboljšanog algoritama.

```
niz = [7, 4, 2, 8, 6, 1, 3, 5]
print("Nesortiran niz:", niz)
brojElemenata = len(niz)

for i in range(brojElemenata - 1):
    zamjena = False
    for j in range(brojElemenata - 1 - i):
        if niz[j + 1] < niz[j]:
            niz[j], niz[j + 1] = niz[j + 1], niz[j]
            zamjena = True

    print("Prolaz:", i + 1, niz)

    if zamjena == False:
        break

print("Sortiran niz:", niz)
```

```
Izlaz:
     Nesortiran niz: [7, 4, 2, 8, 6, 1, 3, 5]
     Prolaz: 1 [4, 2, 7, 6, 1, 3, 5, 8]
     Prolaz: 2 [2, 4, 6, 1, 3, 5, 7, 8]
     Prolaz: 3 [2, 4, 1, 3, 5, 6, 7, 8]
     Prolaz: 4 [2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Prolaz: 5 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Prolaz: 6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
     Sortiran niz: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

5.4. Usporedba funkcije `sorted()` i metode `sort()`

Funkcija `sorted()`

- Ugrađena funkcija
- Radi za bilo koji *iterable* (na primjer: niz znakova, lista, n-terac, rječnik (dobivaju se ključevi), generator, itd.)
- Vraća novu sortiranu listu
- Originalna lista ostaje netaknuta

Metoda `sort()`

- Metoda liste
- Radi samo za listu
- Vraća `None` vrijednost
- Sortira listu nad kojom je pozvana, tj. na mjestu (engl. *in-place*)
- Nakon poziva ove metode, gubi se originalni poredak elemenata objekta nad kojim je ova metoda pozvana

Ako se želi sortirati listu, metoda `sort()` brža je od funkcije `sorted()` zato što metoda `sort()` ne mora kreirati novu listu. Za bilo koji drugi *iterable* potrebno je koristiti funkciju `sort()`.

Primjer funkcije `sorted()`:

```
lista = [6, 4, 8, 5, 10, 7, 3, 1, 9]
print("lista:", lista, "\n")

sortiranaLista = sorted(lista)

print("Liste nakon korištenja funkcije sorted():")
print("lista:", lista)
print("sortiranaLista:", sortiranaLista)
```

```
Izlaz:
      lista: [6, 4, 8, 5, 10, 7, 3, 1, 9]

      Liste nakon korištenja funkcije sorted():
      lista: [6, 4, 8, 5, 10, 7, 3, 1, 9]
      sortiranaLista: [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
```

Primjer metode `sort()`:

```
lista = [6, 4, 8, 5, 10, 7, 3, 1, 9]
print("lista:", lista, "\n")

lista.sort()

print("Lista nakon korištenja metode sort():")
print("lista:", lista)
```

```
Izlaz:
      lista: [6, 4, 8, 5, 10, 7, 3, 1, 9]

      Lista nakon korištenja metode sort():
      lista: [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
```

Funkcija `sorted()` i metoda `sort()` za sortiranje koriste algoritam imena **Timsort**. Ovaj algoritam kreirao je Tim Peters 2002. upravo za korištenje u programskom jeziku *Python*. On je mješavina dvaju algoritama: sortiranje sjedinjavanjem (engl. *Merge sort*) i sortiranje umetanjem (engl. *Insertion sort*). Njegova složenost je O(n log n).

5.5. Vježba: Algoritmi sortiranja

```
sudionici = ["Ivica", "Marica", "Perica", "Nika",
"Nikica", "Tihana", "Stjepan", "Petra"]

rezultati = [10.11, 11.58, 10.08, 10.06, 10.77,
11.22, 11.55, 10.05]
```

Pogledajte prethodne dvije liste utrke na 100 metara, `sudionici` i `rezultati`. Vaš zadatak je da ih sortirate i ispišete uzlazno prema rezultatima (od najbržeg do najsporijeg).

1. Sortiranje napravite pomoću algoritma "sortiranje biranjem" (engl. *Selection sort*).
2. Sortiranje napravite pomoću poboljšanog algoritma zamjene susjednih elemenata (engl. *Bubble sort*).

5.6. Pitanja za ponavljanje: Algoritmi sortiranja

1. Navedite primjer kada nije moguće koristiti ugrađenu metodu `sort()` već je potrebno implementirati algoritam za sortiranje podataka.
2. Kako funkcionira algoritam za sortiranje imena "sortiranje biranjem"?
3. Kako funkcionira algoritam za sortiranje imena "sortiranje zamjenom susjednih elemenata"?
4. Kako poboljšati algoritam imena "sortiranje zamjenom susjednih elemenata"?

6. Oblikovni obrasci

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *upoznati se s poantom korištenja oblikovnih obrazaca*
- *u praksi implementirati dva oblikovna obrasca, a to su: "jedinstveni objekt" i "promatrač".*

Oblikovni obrasci u programiranju temelje se na objektno orijentiranom pristupu i oni rješavaju neke najčešće probleme s kojima se programeri susreću. Oblikovne obrasce u programiranju možemo smatrati ustaljenom praksom rješavanja problema i njihovim korištenjem ubrzava se razvoj programskih rješenja.

Svojstva (simptomi) lošega programskog kôda:

- krutost (engl. *rigidity*) – program je teško promijeniti čak i na jednostavne načine, jer svaka promjena zahtijeva nove promjene, zbog dugog lanca eksplicitne ovisnosti (domino-efekt). Rješenje je kraćenje lanca eksplicitne ovisnosti primjenom *apstrakcije* i *enkapsulacije*.
- krhkost (engl. *fragility*) – tendencija programa da puca uslijed promjena. Najčešće se događa zbog implicitne međuovisnosti uslijed ponavljanja programskoga kôda te se jedna konceptualna izmjena mora unositi na više različitih lokacija.
- nepokretnost (engl. *immobility*) – otežano višekratno korištenje već razvijenoga programskog kôda (engl. *reusability*). Lakše je napisati programski kôd ponovo nego koristiti već gotove programske komponente. Čest uzrok je pretjerana međuovisnost zbog neadekvatnih sučelja i neadekvatne raspodijele funkcionalnosti po komponentama. Nepokretnost potiče ponavljanje, odnosno krhkost i krutost.
- viskoznost (engl. *viscosity*) – programski sustav je viskozan kad ga je teško nadograđivati uz očuvanje konceptualnog integriteta programa. Postoje dvije vrste viskoznosti:
    - *viskoznost programske organizacije* – nadogradnje koje čuvaju integritet zahtijevaju puno manualnoga rada ili nisu očite (promjene je teško unijeti u skladu s originalnom zamisli, novu funkcionalnost je lakše dodati na dugoročno loš način)
    - *viskoznost razvojnoga procesa* – spora, neefikasna razvojna okolina (npr. komplicirani sustav za verziranje implicira rjeđe sinkronizacije kôda te kasnije otkrivanje problema u vezi s integracijom, sporo prevođenje pospješuje unošenje "zakrpa" umjesto primjerenog održavanja organizacije).“ [1]

6.1. Upoznavanje s oblikovnim obrascima

Oblikovni obrasci opisani su tako da ih je moguće primijeniti na mnogo različitih primjera. Oblikovni obrasci često se miješaju s algoritmima, no u suštini to su dvije različite stvari. Algoritam definira korake koje je potrebno napraviti kako bi se postigao neki cilj, dok je oblikovni obrazac uputa prema kojoj je moguće riješiti neki problem na najbolji mogući način.

Oblikovne obrasce moguće je podijeliti u tri osnovna skupa obrazaca, a to su:

1. ponašajni obrasci – pomažu oko implementacije same komunikacije između objekata.
2. strukturni obrasci – objašnjavaju kako sastaviti objekte i razrede u veće strukture, a da se takva složenija struktura uspije zadržati fleksibilna i učinkovita.
3. obrasci stvaranja – ovaj tip obrazaca pruža razne mehanizme stvaranja novih objekata te istovremeno povećavaju fleksibilnost i ponovno iskorištavanje programskoga kôda.

U nastavku slijedi popis nekih najčešće korištenih oblikovnih obrazaca:

1. ponašajni obrasci:
    - iterator (engl. *Iterator Pattern*)
    - metoda predložak (engl. *Template Method Pattern*)
    - naredba (engl. *Command Pattern*)
    - posjetitelj (engl. *Visitor Pattern*)
    - promatrač (engl. *Observer Pattern*)
    - stanje (engl. *State Pattern*)
    - strategija (engl. *Strategy Pattern*)
2. strukturni obrasci:
    - adapter (engl. *Adapter Pattern*)
    - dekorator (engl. *Decorator Pattern*)
    - fasada (engl. *Facade Pattern*)
    - kompozit (engl. *Composite Pattern*)
    - most (engl. *Bridge Pattern*)
3. obrasci stvaranja:
    - apstraktna tvornica (engl. *Abstract Factory Pattern*)
    - graditelj (engl. *Builder Pattern*)
    - jedinstveni objekt (engl. *Singleton Pattern*)

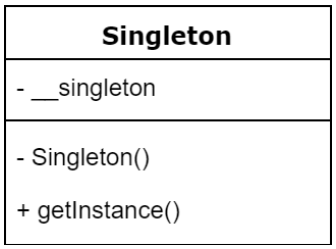
- metoda tvornica (engl. *Factory Method Pattern*)
- prototip (engl. *Prototype Pattern*).

U ovom priručniku obradit će se dva oblikovna obrasca. Prvi oblikovni obrazac je "jedinstveni objekt" (engl. *Singleton Pattern*), a drugi oblikovni obrazac je "promatrač" (engl. *Observer Pattern*).

Uz oblikovne obrasce koji se preporučuju koristiti u razvoju programskoga kôda i koji su primjer dobre prakse razvoja programa, postoje i takozvani antiobrasci (engl. *anti-pattern*). Pojam antiobrazac označava obrazac koji je vrlo neučinkovit i/ili je vrlo kontraproduktivan te se preporučuje da se izbjegne korištenje takvoga načina razvoja programskoga kôda. Antiobrasci se u ovom priručniku neće obrađivati. U nastavku slijedi nekoliko primjera: "Reinvent the wheel", "Spaghetti code", "Swiss-Army Knife", "Lava Flow", "Dead End", "Boat Anchor".

6.2. Jedinstveni objekt (engl. *Singleton Pattern*)

Oblikovni obrazac "jedinstveni objekt" je jedan od najjednostavnijih obrazaca. To je moguće vidjeti i iz dijagrama razreda koji je prikazan u nastavku. Ovaj oblikovni obrazac omogućava samo jedno kreiranje objekta nekoga razreda, što znači da ne može postojati više različitih objekata jednoga te istog razreda.



Ovaj obrazac ima jednu privatnu statičku varijablu (varijabla koja pripada razredu, a ne objektu) imena `__singleton` i unutar nje se sprema kreirani objekt razreda. Na početku se vrijednost te varijable postavlja na `None`, što omogućava da se ispita je li objekt kreiran ili nije. Postoji više mogućnosti za implementaciju ovog oblikovnog obrasca. U nastavku ovoga priručnika prikazan je način implementacije pomoću statičke metode.

Implementacija pomoću statičke metode

Prvi primjer prikazuje implementaciju oblikovnog obrasca "jedinstveni objekt" pomoću statičke metode. Kreirani objekt razreda `Singleton` moguće je dobiti na dva načina: pozivom metode `getInstance()` i klasičnim kreiranjem novog objekta preko konstruktora. Ako se objekt želi dohvatiti sljedećim pozivom: `Singleton()`, to je moguće napraviti samo u slučaju ako instanca toga jedinstvenog objekta nije kreirana, jer će u svakom drugom slučaju unutar konstruktora biti podignuta iznimka. Nevezano za to je li objekt razreda `Singleton` već kreiran ili ne, moguće je pozvati statičku metodu imena `getInstance()`, koja će provjeriti je li instanca kreirana ili ne. U slučaju da je instanca kreirana, vraća se taj objekt, a ako nije, poziva se konstruktor koji kreira novi objekt razreda te se novo kreirani objekt vraća.

```
class Singleton:
    __singleton = None

    def __init__(self):
        if Singleton.__singleton != None:
            raise Exception("Singleton!")
        else:
            Singleton.__singleton = self

    @staticmethod
    def getInstance():
        if Singleton.__singleton == None:
            Singleton()
        return Singleton.__singleton


s = Singleton()
# s = Singleton() # Ovaj poziv vraća grešku
print(s)

s = Singleton.getInstance()
print(s)

s = Singleton.getInstance()
print(s)
```

```
Izlaz:
     <__main__.Singleton object at 0x033C6810>
     <__main__.Singleton object at 0x033C6810>
     <__main__.Singleton object at 0x033C6810>
```

6.3. Promatrač (engl. *Observer Pattern*)

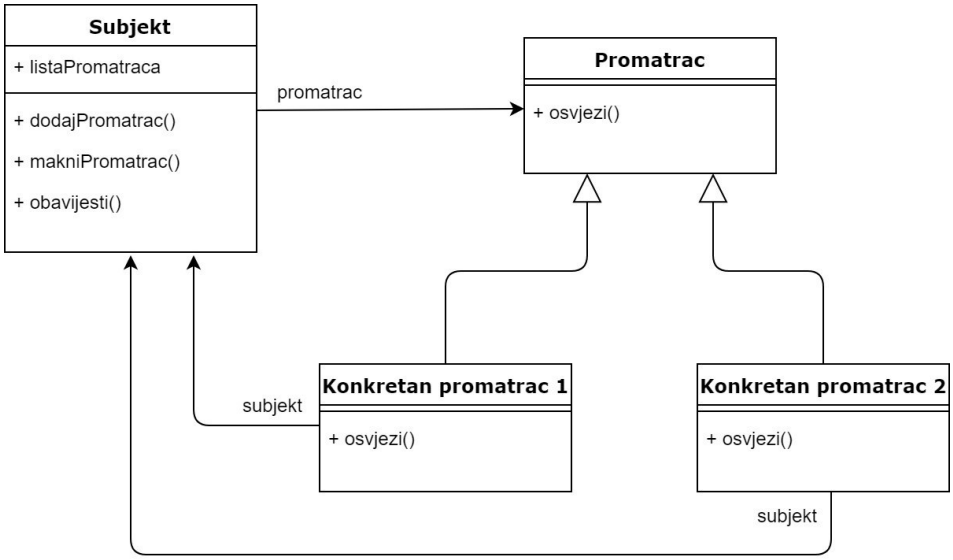
Oblikovni obrazac "promatrač" omogućava da se na jednostavan način obavijeste svi objekti koji su pretplaćeni na obavještavanje da je došlo do promjene podatka unutar glavnog objekta. Ovaj oblikovni obrazac stvara vezu od jednog prema više objekata (engl. *One to many*).

Sudionici:

- Subjekt (engl. *Subject*) – u ovom objektu nalaze se originalne vrijednosti svih varijabli koje se dalje šalju pretplatnicima. Unutar subjekta implementirane su metode koje omogućavaju prijavu i odjavu promatrača te se na temelju takvoga popisa obavještavaju "pretplaćeni" sudionici.
- Promatrač (engl. *Observer*) – ovaj razred pruža sučelje na temelju kojega ga nasljeđuju drugi razredi te nadjačavaju njegove metode. *Ovo je apstraktni razred*.
- Konkretan promatrač (engl. *Concrete Observer*) – nasljeđuje bazni razred "Promatrač". "Konkretnih promatrača" može biti neograničeno, jedino je potrebno da se registriraju kod "Subjekta" na osvježavanje informacija (naravno, ako imaju potrebu za tom pretplatom).

Subjekt može imati neograničenu količinu promatrača. Prednost ovog oblikovnog obrasca jest to da "Subjekt" ne mora unaprijed znati točan broj pretplatnika na njegove informacije te se pretplatnici mogu dinamički prijavljivati i odjavljivati kod ''Subjekta''. Negativna strana je to što se može dogoditi da se obavijesti neki "Konkretan promatrač" kojega se promjena ne tiče (ne tiču se sve promjene svih ''Konkretnih promatrača"). Ovakav pristup omogućuje laku implementaciju vrlo bitnoga načela objektno orijentiranoga načina pristupa programiranju, a to je: **nadogradnja bez promjene**.

U nastavku se nalazi strukturni dijagram oblikovnog obrasca "Promatrač".



U niže prikazanom programskom kôdu nalazi se jednostavna implementacija oblikovnog obrasca "Promatrač". Razred `Subjekt` može se smatrati mjernom postajom (mjeri temperaturu i vlažnost zraka). Unutar njega nalazi se nekoliko metoda:

- `__init__(self)` – konstruktor koji kreira prazan skup (engl. *Set*) `_promatraci` unutar kojeg će biti popis svih pretplatnika na informacije te dvije varijable `_temp` i `_vlaznost` u koje će se zapisivati konkretne informacije.
- `dodajPromatrac(self, promatrac)` – metoda koja u skup dodaje novoga pretplatnika, a također omogućava pretplatniku da može pozivati metode razreda `Subjekt`.
- `makniPromatrac(self, promatrac)` – metoda koja izbacuje pretplatnika iz skupa.
- `_obavijesti(self)` – metoda koja obavještava sve pretplatnike o novim informacijama/podacima.
- također, unutar ovog razreda nalaze se 2 postavljajuće i 2 dobavljajuće metode.

Unutar apstraktnog razreda `Promatrac` nalazi se samo poziv konstruktora i prazna metoda imena `osvjezi()` koja će biti nadjačana implementacijom unutar "konkretnih promatrača".

Razred `KonkretniPromatrac` nasljeđuje apstraktni razred `Promatrac` i unutar njega je implementirana metoda `osvjezi()` koja će se pozvati onoga trenutka kada će razred `Subjekt` raspolagati s novim podacima o čijim će vrijednostima obavijestiti sve pretplaćene objekte. Ovaj razred možemo smatrati objektom koji prikazuje informacije koje je mjerna postaja izmjerila, na primjer, televizija, *web*-stranica i slično.

U glavnom programu kreiran je jedan objekt razreda `Subjekt` koji predstavlja mjernu postaju i dva objekta razreda `KonkretniPromatrac` koji predstavljaju medije na kojima će se temperatura i vlažnost prikazivati, razred `p1` i `p2` dodani su u listu pretplatnika objekta `s`.

```
from abc import ABC, abstractmethod


class Subjekt:
    def __init__(self):
        self._promatraci = set()
        self._temp = None
        self._vlaznost = None

    def dodajPromatrac(self, promatrac):
        self._promatraci.add(promatrac)
        promatrac._subjekt = self

    def makniPromatrac(self, promatrac):
        self._promatraci.discard(promatrac)
        promatrac._subjekt = None

    def _obavijesti(self):
        for p in self._promatraci:
            p.osvjezi(self._temp, self._vlaznost)

    @property
    def temp(self):
        return self._temp

    @property
    def vlaznost(self):
        return self._vlaznost

    @temp.setter
    def temp(self, value):
        self._temp = value
        self._obavijesti()

    @vlaznost.setter
    def vlaznost(self, value):
        self._vlaznost = value
        self._obavijesti()


class Promatrac(ABC):
    def __init__(self):
        self._subjekt = None
        self._temp = None
        self._vlaznost = None

    @abstractmethod
    def osvjezi(self, value1, value2):
        pass
```

```
class KonkretanPromatrac(Promatrac):
    def __init__(self, naziv):
        super().__init__()
        self._naziv = naziv

    def osvjezi(self, temp, vlaznost):
        self._temp = temp
        self._vlaznost = vlaznost
        print("Promatrac1", self._naziv)
        print("  Temperautra =", self._temp)
        print("  Vlaznost zraka =", self._vlaznost)


s = Subjekt()
p1 = KonkretanPromatrac("TV")
p2 = KonkretanPromatrac("Mobitel")

s.dodajPromatrac(p1)
s.dodajPromatrac(p2)
s.temp = 33
print()
s.vlaznost = 40
```

```
Izlaz:
      Promatrac1 Mobitel
        Temperautra = 33
        Vlaznost zraka = None
      Promatrac1 TV
        Temperautra = 33
        Vlaznost zraka = None

      Promatrac1 Mobitel
        Temperautra = 33
        Vlaznost zraka = 40
      Promatrac1 TV
        Temperautra = 33
        Vlaznost zraka = 40
```

6.4. Vježba: Oblikovni obrasci

1. Napišite programski kôd koji će omogućiti generiranje nasumičnih brojeva na način opisan u nastavku. Početna, tj. prva vrijednost koja se mora vratiti jest 67, a svaka naredna vrijednost računa se na temelju sljedeće formule:
$$9845612 \,\%\, prethodnaVrijednost \,+\, 17 \,*\, 7$$
Pomoću oblikovnog obrasca "*jedinstveni objekt*" osigurajte samo jedno instanciranje objekta unutar kojeg će biti pohranjena prethodno generirana vrijednost. Unutar razreda imena `NasumicniBroj` implementirajte metodu imena `sljedeci()`, kod svakog njezinog poziva ta metoda vraća novu vrijednost dobivenu na temelju gore napisane formule. Primijetite da će generirane vrijedosti biti identične svaki put kada se programski kôd pokrene ponovo.

2. Pomoću oblikovnog obrasca "*promatrač*" napišite programski kôd koji omogućava pretplaćivanje na motivacijske citate. Razred imena `Citat` (subjekt) mora prihvaćati nove pretplatnike, obavještavati pretplatnike s informacijom o novom citatu te imati metode za postavljanje i dohvaćanje novoga citata. Apstraktni razred `Pretplatnik` (promatrač) sadrži apstraktnu metodu `osvjezi()` koja je implementirana u konkretnim promatračima. Razred `KonkretanPretplatnik` (konkretni promatrač) nasljeđuje razred `Pretplatnik` te je u njemu implementirana metoda `osvjezi()` koja ispisuje ime pretplatnika koji je zaprimio citat te citat.

3. * Nadogradite prethodni zadatak na način da je razred imena `Citat` (subjekt) moguće instancirati samo jednom (ovo osigurajte pomoću oblikovnog obrasca "*jedinstveni objekt*"). U glavnom programu ispitajte je li osiguran princip jedinstvenog objekta.

6.5. Pitanja za ponavljanje: Oblikovni obrasci

1. Koja je razlika između oblikovnih obrazaca i algoritma?
2. Za što služi oblikovni obrazac "Jedinstveni objekt"?
3. Za što služi oblikovni obrazac "Promatrač"?

7. Moduli i paketi

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *pretraživati i instalirati pakete trećih strana*
- *razvijati i uključivati u programski kôd svoje vlasite module.*

Moduli i paketi omogućavaju lakši i brži razvoj programskoga kôda, a u konačnici i programa. Pakete možemo podijeliti u dva osnovna skupa, a to su paketi koji dolaze sa standardnom instalacijom *Pythona* (*standardnom bibliotekom*) te paketi koji su napisani od drugih razvojnih inženjera, tj. programera.

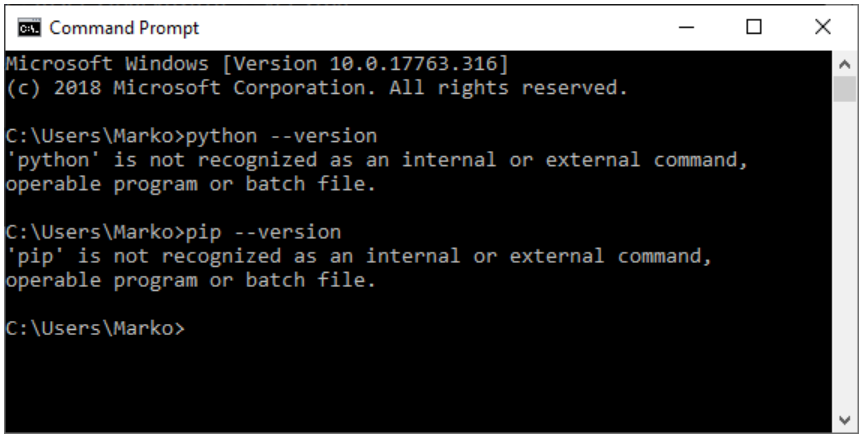
Potrebno je razlikovati module i pakete. Moduli su elementi programskoga kôda unutar kojih je implementirana neka specifična funkcionalnost. Uzmimo za primjer nekoliko modula koji dolaze sa standardnom bibliotekom: `math`, `cmath`, `random`, `datetime`. Paketi su pak cjeline koje uključuju druge module i oni omogućavaju njihovo hijerarhijsko grupiranje. Uzmimo za primjer paket koji dolazi sa standardnom bibliotekom, paket `urllib`, koji u sebi sadrži nekoliko modula:

- `urllib.request`
- `urllib.error`
- `urllib.parse`
- `urllib.robotparser`

Ovo poglavlje pokriva osnovne načine instalacije *Python* paketa trećih strana, tj. paketa koji ne dolaze sa standardnom instalacijom *Pythona*, te kreiranje vlastitih modula koji se uključuju u programski kôd.

7.1. Instalacija paketa trećih strana

Prije same instalacije dodatnih paketa, najprije je potrebno provjeriti ako su zadovoljeni svi preduvjeti za nesmetanu instalaciju paketa trećih strana. Provjera ako su naredbe `python` i `pip` uključene u PATH varijable okoline (engl. *Environment Variables*).



```
python --version
pip --version
```

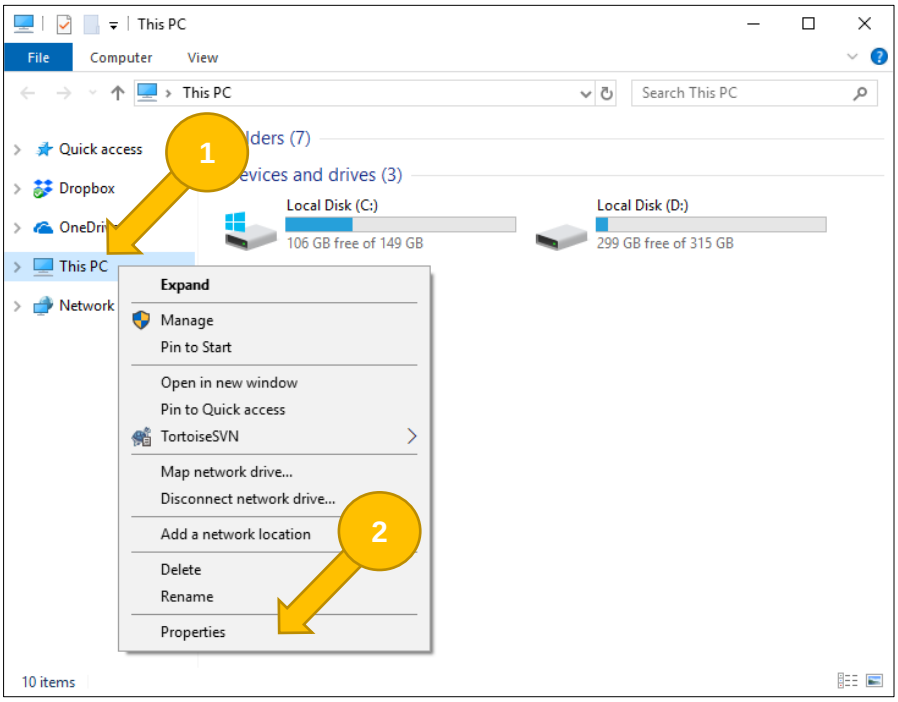
Pregledom gornje slike, moguće je zaključiti da naredbe `python` i `pip` nisu uključene u PATH varijable okoline. U slučaju da jesu (ako se prikažu verzije instaliranih programa) tada je potpoglavlje *3.1.1. Postavljanje PATH varijabli okoline* moguće preskočiti.

Python PIP je paketni upravitelj za *Python* pakete. S *Python* verzijama 3.4 i novijima, *Python PIP* dolazi uključen. Ako se koristi starija verzija *Pythona*, tada je *Python PIP* potrebno instalirati. U tom slučaju upute za instalaciju moguće je pronaći u službenoj *Python 3* dokumentaciji.

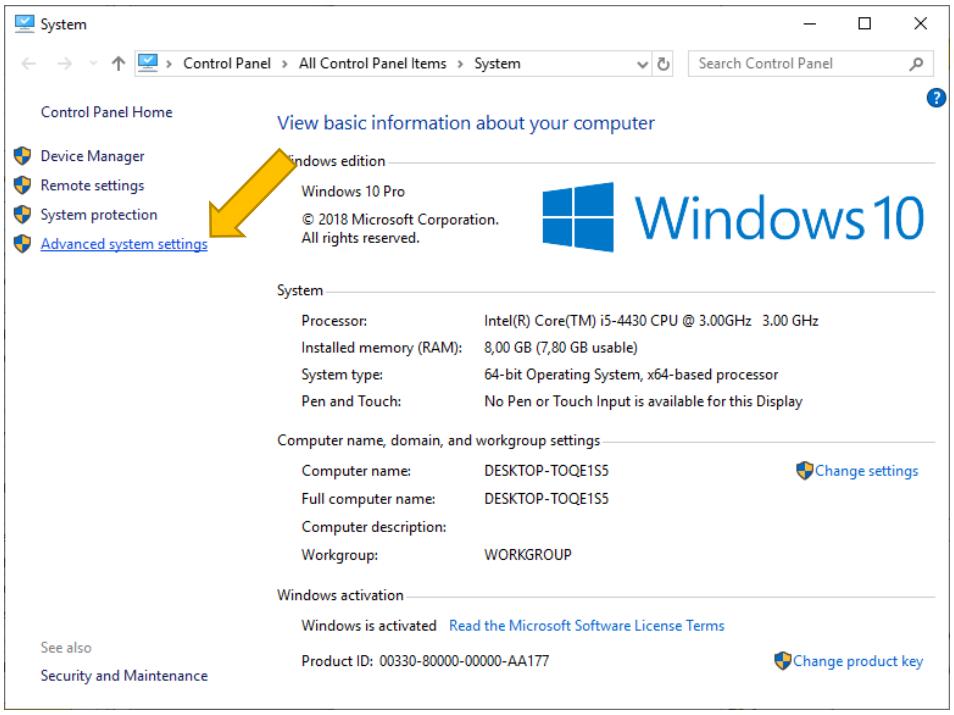
7.1.1. Postavljanje PATH varijabli okoline

Kako bi se omogućilo pokretanje ovih naredbi iz naredbenog retka, potrebno ih je uključiti. Preduvjet za uključivanje ovih naredbi u PATH varijable okoline jest da je na računalu ili serveru instaliran *Python*. Nakon što je ovaj uvjet zadovoljen moguće je uključiti `python` i `pip` u PATH varijablu okoline. U nastavku je opisano postavljanje PATH varijabli okoline na operativnom sustavu *Microsoft Windows 10*.

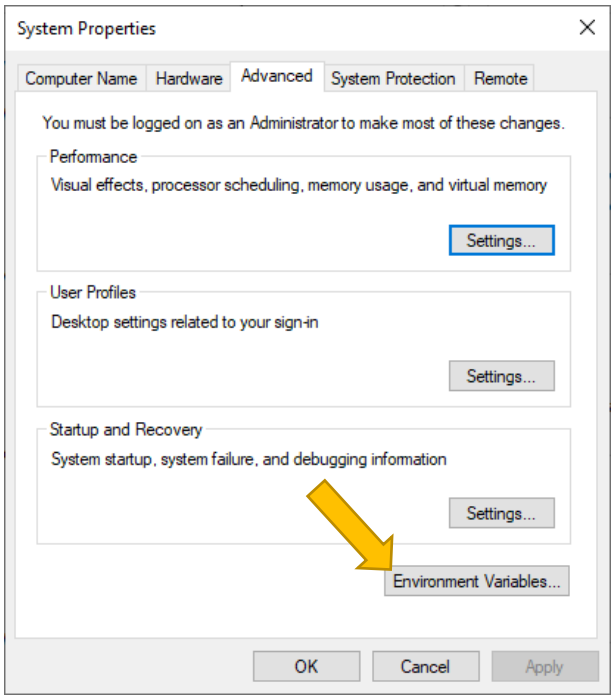
Na *Microsoft Windows 10* operativnom sustavu, kliknemo desni klik na "This PC" te unutar izbornika koji se pojavio odaberemo "Properties".



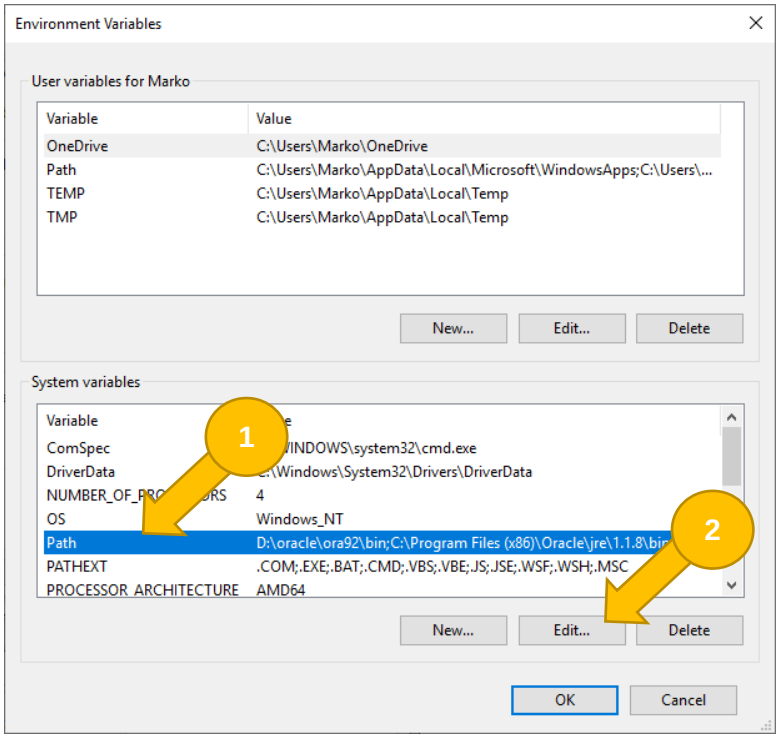
U otvorenom prozoru potrebno je odabrati "Advanced system settings".



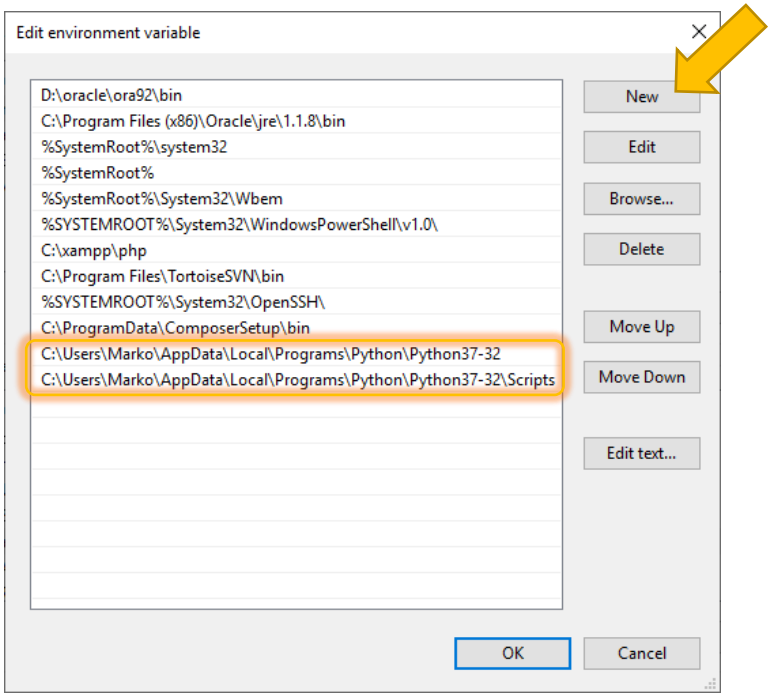
Zatim je potrebno u tabu "Advanced" kliknuti na gumb "Environment Variables"



U ovom koraku otvara se prozor gdje su popisane sve varijable okoline, tu je potrebno kliknuti na stavku "PATH" i zatim na "Edit".



U otvorenom prozoru potrebno je kliknuti na "New" te je nakon toga moguće dodati željene stavke.



Za pokretanje naredbe `python` iz naredbenog retka potrebno je dodati putanju:

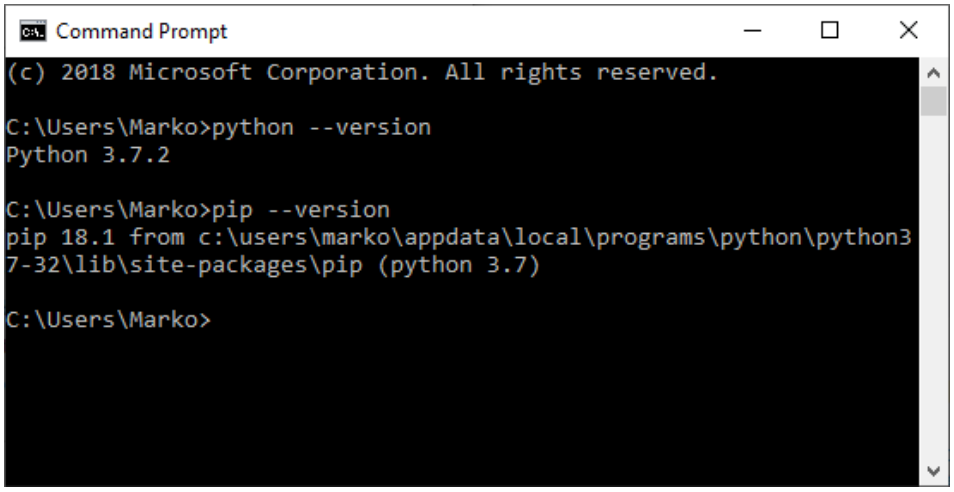
```
C:\Users\Marko\AppData\Local\Programs\Python\Python37
-32
```

Dok je za pokretanje naredbe `pip` iz naredbenog retka potrebno dodati putanju:

```
C:\Users\Marko\AppData\Local\Programs\Python\Python37-32\Scripts
```

Napomena: putanje do instalacije samoga *Pythona* mogu se razlikovati od računala do računala.

Nakon što su gore opisane postavke postavljene moguće je testirati ispravnost PATH varijabli okoline.



7.1.2. Instalacija paketa iz *PyPI-ja*

Python PIP se najčešće koristi za instalaciju paketa (projekta) iz *PyPI-ja* (engl. *Python Package Index*), a moguće ga je koristiti i za instalaciju paketa koji se nalaze na nekim drugim sjedištima. U ovom priručniku bit će obrađena instalacija paketa koji se nalaze na *PyPI-ju*. *PyPI* je repozitorij *Python* paketa te omogućava pretraživanje i instalaciju istih. Ti paketi su razvijeni i objavljeni od strane *Python zajednice*.

PyPI se nalazi na sljedećem URL-u: https://pypi.org/

U nastavku slijede primjeri na koji način instalirati željeni paket (radi jednostavnosti u nastavku će se za željeni paket koristiti izmišljeno ime paketa "ImePaketa"):

- Instalacija zadnje verzije željenoga paketa:

```
pip install "ImePaketa"
```

- Instalacija točno određene verzije željenoga paketa:

```
pip install "ImePaketa==1.4"
```

- Instalacija paketa verzije veće ili jednake od neke (u donjem primjeru >= 1), a opet u isto vrijeme i niže od neke (u donjem primjeru <2):

```
pip install "ImePaketa>=1,<2"
```

- Instalacija paketa verzije koja je kompatibilna s nekom određenom verzijom (u donjem primjeru instalacija bilo koje verzije "==1.4.*", a da je ta verzija ">=1.4.2"):

```
pip install "ImePaketa~=1.4.2"
```

7.1.3. Nadogradnja postojećega paketa

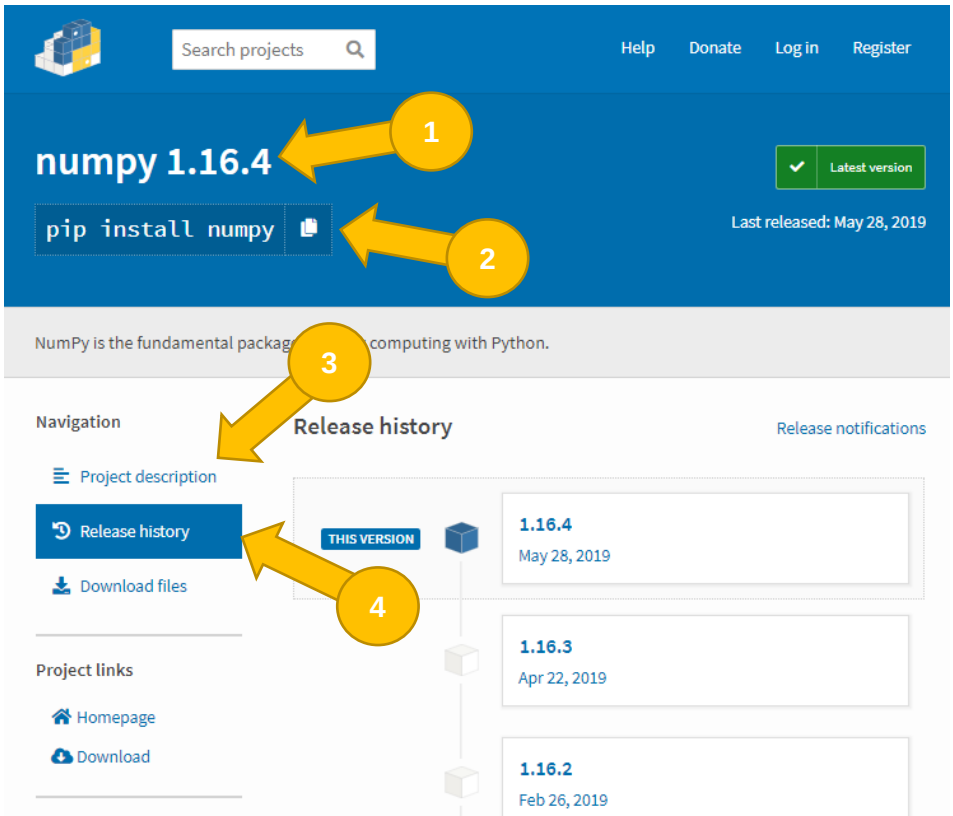
U slučaju kada već postoji instaliran paket i kada se želi taj isti paket nadograditi na zadnju postojeću verziju tada se koristi naredba koja se nalazi u nastavku:

```
pip install --upgrade ImePaketa
```

7.1.4. Primjer instalacije paketa – `numpy`

U nastavku se nalazi slika koja prikazuje izgled *PyPI web*-stranice unutar koje je otvoren paket `numpy` (ovaj paket je za edukativne potrebe odabran nasumično). U nastavku se nalazi opis najbitnijih dijelova stranice.

1. naziv i verzija trenutačno odabranoga paketa
2. naredba koju je moguće kopirati, a koja služi za instalaciju odabranoga paketa
3. opis funkcionalnosti odabranoga paketa
4. popis svih dostupnih verzija za instalaciju.



Primjer koji slijedi u nastavku sadržava samo jednu liniju koja najavljuje korištenje funkcija iz paketa `numpy`. Ovaj programski kôd pokrenut je prije instalacije odabranoga paketa i, kao što možemo vidjeti, prikazala nam se greška da paket imena `numpy` nije moguće pronaći.

```
from numpy import *

print("Hello World!")
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "C:/paketi.py", line 1, in <module>
          from sympy import *
      ModuleNotFoundError: No module named 'numpy'
```

Nakon što su željeni paket (u gornjem primjeru paket `numpy`) i verzija (u gornjem primjeru zadnja verzija) pronađeni, taj paket je moguće instalirati u naredbenom retku pozivom sljedeće naredbe:

```
pip install numpy
```

Na *PyPI-ju* se ne nalazi dokumentacija samih paketa, već se obično u detaljima paketa nalazi URL na *web*-stranicu paketa gdje je moguće pronaći dokumentaciju i sve potrebne informacije. URL na *web*-stranicu paketa `numpy`: https://www.numpy.org/.

Nakon što je paket `numpy` instaliran, možemo pokrenuti željeni programski kôd.

```
import numpy as np

a = np.arange(15).reshape(3, 5)

print("Sadržaj:")
print(a)

print("\nDimenzije:")
print(a.shape)
```

```
Izlaz:
      Sadržaj:
      [[ 0  1  2  3  4]
       [ 5  6  7  8  9]
       [10 11 12 13 14]]

      Dimenzije:
      (3, 5)
```

Kao što je moguće iz priloženog programskog kôda vidjeti, korištene su metode `arange()` i `reshape()` iz instaliranog paketa `numpy`. Dokumentaciju za ove metode moguće je pronaći u `numpy` dokumentaciji, na sljedećem linku:
https://www.numpy.org/devdocs/user/quickstart.html

7.2. Kreiranje i uključivanje vlastitih modula

Do sada su na ovom tečaju korišteni moduli koji dolaze sa standardnom instalacijom *Pythona* ili moduli koji su pronađeni na Internetu te instalirani na računalo ili server. Ovo poglavlje pojašnjava način kako kreirati i uključivati u program vlastite module.

Prije samog uključivanja vlastitoga modula u programski kôd potrebno je taj isti modul napisati. U nastavku se nalazi primjer programskoga kôda u kojem su implementirane funkcije koje vraćaju rezultat zbroja, razlike, umnoška i količnika dvaju broja. Ovaj programski kôd spremljen je u datoteku naziva `funkcije.py` koja se nalazi na sljedećoj putanji: `C:\D460\Moduli`.

```
def zbroj(a, b):
    '''Funkcija vraca zbroj dvaju brojeva.'''
    return a + b


def razlika(a, b):
    '''Funkcija vraca razliku dvaju brojeva.'''
    return a - b


def umnozak(a, b):
    '''Funkcija vraca umnozak dvaju brojeva.'''
    return a * b


def kolicnik(a, b):
    '''Funkcija vraca kolicnik dvaju brojeva.'''
    try:
        return a / b
    except:
        raise
```

Ako se želi postići da funkcije koje su implementirane u modulu `funkcije` budu dohvatljive iz nekog drugog programskog kôda, potrebno je najaviti njihovo korištenje ili pak ih uključiti u programski kôd (prilikom najavljivanja ili uključivanja izostavlja se sufiks `.py`).

```
import funkcije
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "C:\D460\Skripte\test.py", line 1, in
      <module>
          import funkcije
      ModuleNotFoundError: No module named
      'funkcije'
```

Primjer programskoga kôda koji je prikazan gore spremljen je u datoteku naziva `test.py` koja se nalazi na sljedećoj putanji: `C:\D460\Skripte`. Kao što je moguće vidjeti u gornjem primjeru, prilikom pokretanja programa dogodila se greška iz koje je moguće iščitati da *Python* ne može pronaći modul imena `funkcije`, razlog tomu

je jer *Python* ne zna gdje se traženi modul nalazi nalazi. Pozivom naredbe `sys.path` koja se nalazi u modulu `sys` moguće je dobiti popis svih direktorija do kojih *Python* ima pristup. Iz donjeg popisa vidimo da *Python* može doći do raznih direktorija, uključujući i direktorij u kojem se pokrenuta skripta nalazi, no do direktorija u kojem se nalazi modul `funkcije` nema pristup.

```
import sys

print(sys.path)
```

```
Izlaz:
      ['C:\\D460\\Skripte',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\Lib\\idlelib',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\python37.zip',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\DLLs',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\lib',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\lib\\site-packages']
```

Ako želimo da *Python* može doći do direktorija gdje se nalazi novo napisani modul (pod uvjetom da se taj modul ne nalazi u istom direktoriju gdje se nalazi skripta koja se pokreće), potrebno je putanju do tog direktorija dodati na popis direktorija do kojih *Python* ima pristup. Sintaksa za dodavanje nove putanje je:

```
sys.path.append(r"<putanja>")
```

```
import sys

sys.path.append(r"C:\D460\Moduli")
print(sys.path)
```

```
Izlaz:
      ['C:\\D460\\Skripte',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\Lib\\idlelib',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\python37.zip',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\DLLs',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\lib',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32',
      'C:\\Users\\Marko\\AppData\\Local\\Programs\\Py
      thon\\Python37-32\\lib\\site-packages',
      'C:\\D460\\Moduli']
```

Nakon što je dodana putanja do direktorija unutar kojeg se nalazi napisani modul `funkcije`, moguće je najaviti korištenje funkcija koje su implementirane unutar njega.

```
import sys

sys.path.append(r"C:\D460\Moduli")

import funkcije

print(funkcije.zbroj(1, 2))
```

```
Izlaz:
      3
```

A moguće je i željene funkcije iz modula `funkcije` uključiti u program:

```
import sys

sys.path.append(r"C:\D460\Moduli")

from funkcije import zbroj

print(zbroj(1, 2))
```

```
Izlaz:
      3
```

Pozivom funkcije `help()` možemo dobiti opis sadržaja modula. U nastavku slijedi primjer korištenja ove funkcije.

```
import sys

sys.path.append(r"C:\D460\Moduli")

import funkcije

print(help("funkcije"))
```

```
Izlaz:
      Help on module funkcije:

      NAME
          funkcije

      FUNCTIONS
          kolicnik(a, b)
              Funkcija vraca kolicnik dvaju brojeva.

          razlika(a, b)
              Funkcija vraca razliku dvaju brojeva.

          umnozak(a, b)
              Funkcija vraca umnozak dvaju brojeva.

          zbroj(a, b)
              Funkcija vraca zbroj dvaju brojeva.

      FILE
          c:\d460\moduli\funkcije.py


      None
```

help()

Funkcija `help()` koristi se za dobivanje dokumentacije određenoga modula, razreda, funkcije, varijable itd.

Ova funkcija obično se koristi u *Python* konzoli (IDLE) kako bi programer na brzi način došao do željenih informacija iz dokumentacije, a da ne mora pretraživati *web*-stranice na Internetu ili pak službenu *Python* dokumentaciju.

Poziv funkcije `help()` za primjer modula `funkcije` daje nam sljedeće informacije:

- ime modula
- popis svih funkcija koje se nalaze u danom modulu (ako neki modul sadržava razrede i konstante, oni će također biti ovdje ispisani)
    - ovaj popis je poredan abecednim poretkom
    - ako je neka funkcija odmah nakon svoje definicije opisana kratkim komentarom, taj komentar se također ovdje ispisuje
- putanju na disku do danog modula.

Napomena

Ako se u napisanom modulu ne nalaze samo funkcije, već se nalazi i programski kôd. Nakon što uključimo taj modul u program, izazvat će se njegovo izvođenje što nam u ovom našem primjeru nije prihvatljivo, jer želimo samo koristiti implementirane funkcije unutar modula. U nastavku je primjer programskoga kôda u modulu `funkcija` koji se ne nalazi u funkciji `zbroj()`.

```
def zbroj(a, b):
    '''Funkcija vraca zbroj dvaju brojeva.'''
    return a + b


print("Pokretanje programa!")
```

U nastavku slijedi primjer koji prikazuje da se uključivanjem modula `funkcije` program krenuo izvršavati.

```
import sys

sys.path.append(r"C:\D460\Moduli")

import funkcije
```

```
Izlaz:
     Pokretanje programa!
```

Kako bi se programerima omogućilo da se prilikom uključivanja nekoga modula taj isti modul ne pokreće, razvijen je mehanizam pomoću kojeg je to moguće spriječiti. *Python* za svaku datoteku generira varijablu `__name__` koja može poprimiti vrijednosti:

- `__main__` – kada je neka datoteka pokrenuta kao program
- `imeModula` – kada je neka datoteka uključena u program.

Kako bi se spriječilo pokretanje programskoga kôda uključenoga modula, unutar njega se pomoću uvjeta `if` provjerava vrijednost varijable `__name__`. Ako je vrijednost te varijable "`__main__`", to znači da je datoteka pokrenuta kao program i u tom slučaju izvršava se tijelo uvjeta `if`. U slučaju da uvjet `if` nije zadovoljen, to znači da je ta

datoteka uključena u program i u tom slučaju varijabla `__name__` poprima vrijednost koja odgovara imenu toga modula, u ovom slučaju vrijednost "`funkcija`".

```
def zbroj(a, b):
    '''Funkcija vraca zbroj dvaju brojeva.'''
    return a + b


if __name__ == "__main__":
    print("Pokretanje programa!")
```

7.3. Vježba: Moduli i paketi

1. Postavite PATH varijable okoline za `python` i `pip`. Ispitajte jesu li PATH varijable okoline ispravno postavljene pozivom naredbi `python --version` i `pip --version` unutar naredbenog retka.
2. U Internet pregledniku otvorite *PyPI* te pronađite paket imena `sympy`. Proučite koje sve informacije je moguće pronaći u profilu traženoga paketa.
3. Instalirajte paket `sympy`. Nakon što je traženi paket instaliran, pokušajte ispisati sljedeći integral: $\int \frac{4*x}{\sqrt{x^2+1}} dx$
4. Kreirajte modul imena `moj`, unutar njega implementirajte funkciju imena `funkcijaIspisuje()` koja na zaslon ispisuje neki proizvoljni niz znakova. U nekom drugom programu najavite korištenje funkcije koje se nalazi u modulu `moj` te ju pozovite.

Dodatak: Rješenja vježbi

1.13.1.

```
lista = [1, 2, 3, 4]

a, b, c, d = lista

print(a, b, c, d)
```

```
Izlaz:
      1 2 3 4
```

1.13.2.

```
a = 5
b = 10

print(a, b)

a, b = b, a

print(a, b)
```

```
Izlaz:
      5 10
      10 5
```

1.13.3.

```
broj = input("Unesite broj: ")

broj = int(broj)

if 10 < broj < 30:
    print("Zadovoljava!")
else:
    print("Ne zadovoljava!")
```

```
Izlaz 1:
      Unesite broj: 55
      Ne zadovoljava!
```

```
Izlaz 2:
      Unesite broj: 22
      Zadovoljava!
```

1.13.4.

```
lista = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

broj = input("Unesite broj: ")
broj = int(broj)

for e in lista:
    if e == broj:
        print("Postoji!")
        break
else:
    print("Ne postoji!")
```

```
Izlaz 1:
     Unesite broj: 2
     Postoji!
```

```
Izlaz 2:
     Unesite broj: 11
     Ne postoji!
```

1.13.5.

```
broj = input("Unesite broj: ")
broj = int(broj)

print("Paran!" if broj % 2 == 0 else "Neparan!")
```

```
Izlaz 1:
     Unesite broj: 1
     Neparan!
```

```
Izlaz 2:
     Unesite broj: 2
     Paran!
```

1.13.6.

```
def paran():
    print("Paran!")


def neparan():
    print("Neparan")


broj = input("Unesite broj: ")
broj = int(broj)

(paran if broj % 2 == 0 else neparan)()
```

```
Izlaz 1:
     Unesite broj: 1
     Neparan
```

```
Izlaz 2:
     Unesite broj: 2
     Paran!
```

1.13.7.

```
def rezultat(var1, var2):
    a = var1 * var2
    b = var1 + var2
    c = 10 * var1 + var2

    return a, b, c


var1, var2, var3 = rezultat(5, 10)

print(var1, var2, var3)
```

```
Izlaz:
     50 15 60
```

1.13.8.

```
nizZnakova = "Hello World!"
lista = [1, 2, 3, 4]

print("Niz znakova (petlja): ", end="")
i = len(nizZnakova) - 1
while i >= 0:
    print(nizZnakova[i], sep="", end="")
    i -= 1

print("\nLista (petlja): ", end="")
i = len(lista) - 1
while i >= 0:
    print(lista[i], sep="", end="")
    i -= 1

print("Niz znakova:", nizZnakova[::-1])
print("Lista:", lista[::-1])
```

```
Izlaz:
     Niz znakova (petlja): !dlroW olleH
     Lista (petlja): 4321
     Niz znakova: !dlroW olleH
     Lista: [4, 3, 2, 1]
```

2.5.1.

```
def zbrojiBrojeveDo(x):
    if x == 1:
        return 1
    else:
        return x + zbrojiBrojeveDo(x - 1)


zbroj = zbrojiBrojeveDo(5)
print(zbroj)
```

```
Izlaz:
     15
```

2.5.2.

```
def brojParnihZnamenki(x):
    if x == 0:
        return 0
    elif x % 2 == 0:
        return 1 + brojParnihZnamenki(x // 10)
    else:
        return brojParnihZnamenki(x // 10)


x = input("Unesite broj: ")
x = int(x)

broj = brojParnihZnamenki(x)
print(broj)
```

```
Izlaz:
     Unesite broj: 123456
     3
```

2.5.3.

```
fun = lambda a, b, c: (a * b + c) / c

rezultat = fun(5, 10, 2)

print(rezultat)
```

```
Izlaz:
     26.0
```

2.5.4.

```
fun = lambda a, b, c: (a * b + c) / c if (c != 0)
else "Greška u predanim podacima!"

rezultat = fun(5, 10, 0)

print(rezultat)
```

```
Izlaz:
     Greška u predanim podacima!
```

2.5.5.

```
def izracun(a, b):
    def parniZbroj(a, b):
        return 2 * a + 5 * b

    def neparniZbroj(a, b):
        return a * b - 10

    if (a + b) % 2 == 0:
        return parniZbroj(a, b)
    else:
        return neparniZbroj(a, b)


rezultat = izracun(5, 15)
print(rezultat)
```

```
Izlaz:
      85
```

2.5.6.

```
def danUTjednu():
    dani = ["Ponedjeljak",
            "Utorak",
            "Srijeda",
            "Četvrtak",
            "Petak",
            "Subota",
            "Nedjelja"]

    for e in dani:
        yield e


g = danUTjednu()

for e in g:
    print(e)
```

```
Izlaz:
      Ponedjeljak
      Utorak
      Srijeda
      Četvrtak
      Petak
      Subota
      Nedjelja
```

2.5.7.

```
def jedanDvaTri():
    brojac = ["Jedan",
              "Dva",
              "Tri"]

    while True:
        for e in brojac:
            yield e


g = jedanDvaTri()

print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
print(next(g))
```

```
Izlaz:
      Jedan
      Dva
      Tri
      Jedan
      Dva
      Tri
      Jedan
      Dva
```

2.5.8.

```
def prebroji(broj, znamenka):
    if broj == 0:
        return 0
    elif (broj % 10) == znamenka:
        return 1 + prebroji(broj // 10, znamenka)
    else:
        return prebroji(broj // 10, znamenka)


rezultat = prebroji(1223455, 2)
print(rezultat)
```

```
Izlaz:
      2
```

2.5.9.

```
def jeProst(broj):
    def jeProstInner(broj, i):
        if broj == i:
            return 1
        if broj % i == 0:
            return 0
        return jeProstInner(broj, i + 1)

    return jeProstInner(broj, 2)


if jeProst(7) == 1:
    print("Prost je!")
else:
    print("Nije prost!")
```

```
Izlaz:
      Prost je!
```

2.5.10.

```
celsius = [0, 5, 10, 15.8]

fahrenheit = map(lambda x: (float(9) / 5) * x + 32,
celsius)

print(list(fahrenheit))
```

```
Izlaz:
      [32.0, 41.0, 50.0, 60.44]
```

2.5.11.

```
def bottles(brojBoca=99, nazivNapitka="beer"):

    brojBocaNaPocetku = brojBoca

    while brojBoca >= 0:

        if brojBoca >= 2:
            yield (str(brojBoca) + " bottles of " +
                   nazivNapitka + " on the wall, " +
                   str(brojBoca) + " bottles of " +
                   nazivNapitka + ".\n" +
                   "Take one down and pass it around, " +
                   str(- 1) + " bottles of " +
                   nazivNapitka + " on the wall.\n")

        elif brojBoca == 1:
            yield (str(brojBoca) + " bottle of " +
                   nazivNapitka + " on the wall, " +
                   str(brojBoca) + " bottle of  " +
                   nazivNapitka + ".\n" +
                   "Take one down and pass it around, " +
                   "no more bottles of " +
                   nazivNapitka + " on the wall.\n")
```

```
        else:
            yield ("No more bottles of " + nazivNapitka +
                   " on the wall, no more bottles of " +
                   nazivNapitka + ".\n" +
                   "Go to the store and buy some more, "
                   + str(brojBocaNaPocetku) +
                   " bottles of " +
                   nazivNapitka + " on the wall.")

        brojBoca -= 1

g = bottles(4)

for e in g:
    print(e)
```

```
Izlaz:
      4 bottles of beer on the wall, 4 bottles of
      beer.
      Take one down and pass it around, 3 bottles of
      beer on the wall.

      3 bottles of beer on the wall, 3 bottles of
      beer.
      Take one down and pass it around, 2 bottles of
      beer on the wall.

      2 bottles of beer on the wall, 2 bottles of
      beer.
      Take one down and pass it around, 1 bottles of
      beer on the wall.

      1 bottle of beer on the wall, 1 bottle of
      beer.
      Take one down and pass it around, no more
      bottles of beer on the wall.

      No more bottles of beer on the wall, no more
      bottles of beer.
      Go to the store and buy some more, 4 bottles
      of beer on the wall.
```

2.6.1.

Rekurzivne funkcije su funkcije koje pozivaju same sebe.

2.6.2.

Rekurzivni poziv funkcije NIJE efikasniji od iterativnog rješenja.

2.6.3.

Rekurzivni poziv funkcije nije efikasniji od iterativnog rješenja jer svaki poziv funkcije uključuje operacije kao što su: adresiranje, postavljanje argumenata i povratnih vrijednosti na stog.

2.6.4.

Funkcija će sama sebe rekurzivno pozivati beskonačno puta (u stvarnosti dubina rekurzije ograničena je veličinom memorije).

2.6.5.

Bezimena funkcija je funkcija koja je definirana bez imena.

2.6.6.

Drugi naziv za bezimenu funkciju je lambda funkcija.

2.6.7.

Sintaksa bezimena funkcije je:
`lambda [argumenti] : [izraz]`

2.6.8.

Bezimena funkcija može primiti neograničenu količinu argumenata.

2.6.9.

Da, bezimenu funkciju je moguće spremiti u objekt, tj. varijablu.

2.6.10.

Ugniježđene funkcije su funkcije koje su definirane unutar drugih funkcija.

2.6.11.

Ugniježđene funkcije najčešće se koriste kako bi se postiglo skrivanje ponašanja nekoga dijela programskoga kôda od ostatka programa.

2.6.12.

Normalne funkcije	**Generatorske funkcije**
koriste ključnu riječ `return`	koriste ključnu riječ `yield`
vraćaju povratnu vrijednost jednom	otpuštaju vrijednosti više puta
vraćaju vrijednost	vraćaju generator

3.7.1.

```
unos = input("Unesite broj: ")
broj = int(unos)
print(broj)
```

```
Izlaz 1:
      Unesite broj: 5
      5
```

```
Izlaz 2:
      Unesite broj: broj
      Traceback (most recent call last):
        File "test.py", line 2, in <module>
          broj = int(unos)
      ValueError: invalid literal for int() with
      base 10: 'broj'
```

3.7.2.

```
try:
    unos = input("Unesite broj: ")
    broj = int(unos)
    print(broj)
except:
    print("Iznimka je uhvaćena!")
```

```
Izlaz 1:
      Unesite broj: 5
      5
```

```
Izlaz 2:
      Unesite broj: broj
      Iznimka je uhvaćena!
```

3.7.3.

```
try:
    a = int(input("Unesite vrijednost a: "))
    b = int(input("Unesite vrijednost b: "))
    c = int(input("Unesite vrijednost c: "))

    rezultat = (a + b) / c
    print(rezultat)
except ValueError:
    print("Iznimka - ValueError")
except ZeroDivisionError:
    print("Iznimka - ZeroDivisionError")
except:
    print("Ostale iznimke!")
```

```
Izlaz 1:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: broj
      Iznimka - ValueError
```

```
Izlaz 2:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: 2
      Unesite vrijednost c: 0
      Iznimka - ZeroDivisionError
```

```
Izlaz 3:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: ^C #(Ctrl+C)
      Ostale iznimke!
```

3.7.4.

```
try:
    a = int(input("Unesite vrijednost a: "))
    b = int(input("Unesite vrijednost b: "))
    c = int(input("Unesite vrijednost c: "))

    rezultat = (a + b) / c
    print(rezultat)
except ValueError as e:
    print("Iznimka - ValueError, opis:", e)
except ZeroDivisionError as e:
    print("Iznimka - ZeroDivisionError, opis:", e)
except:
    print("Ostale iznimke!")
```

```
Izlaz 1:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: broj
      Iznimka - ValueError, opis: invalid literal
      for int() with base 10: 'broj'
```

```
Izlaz 2:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: 2
      Unesite vrijednost c: 0
      Iznimka - ZeroDivisionError, opis: division by
      zero
```

3.7.5.

```
def ucitajPaZbroji():
    try:
        a = int(input("Unesite vrijednost a: "))
        b = int(input("Unesite vrijednost b: "))
        c = int(input("Unesite vrijednost c: "))

        rezultat = a + b + c
        print("Zbroj je:", rezultat)
    except:
        print("Iznimka je uhvaćena u funkciji!")
        raise


try:
    ucitajPaZbroji()
except:
    print("Iznimka je uhvaćena u glavnom programu!")
```

```
Izlaz 1:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: 2
      Unesite vrijednost c: 3
```

```
      Zbroj je: 6
```

```
Izlaz 2:
      Unesite vrijednost a: broj
      Iznimka je uhvaćena u funkciji!
      Iznimka je uhvaćena u glavnom programu!
```

3.7.6.

```
def ucitajPaZbroji():
    try:
        a = int(input("Unesite vrijednost a: "))
        b = int(input("Unesite vrijednost b: "))
        c = int(input("Unesite vrijednost c: "))

        rezultat = a + b + c
    except:
        print("Iznimka je uhvaćena u funkciji!")
        raise
    else:
        print(rezultat)
    finally:
        print("Finally blok!")


try:
    ucitajPaZbroji()
except:
    print("Iznimka je uhvaćena u glavnom programu!")
```

```
Izlaz 1:
      Unesite vrijednost a: 1
      Unesite vrijednost b: 2
      Unesite vrijednost c: 3
      6
      Finally blok!
```

```
Izlaz 2:
      Unesite vrijednost a: broj
      Iznimka je uhvaćena u funkciji!
      Finally blok!
      Iznimka je uhvaćena u glavnom programu!
```

3.8.1.

Sintaksne, semantičke i logičke greške.

3.8.2.

U *Pythonu* sve iznimke nasljeđuju ugrađeni osnovni razred `BaseException`.

3.8.3.

U slučaju da korištena varijabla nije definirana podiže se iznimka `NameError`.

3.8.4.

Osnovni blok za obradu iznimaka tvore ključne riječi `try` i `except`.

3.8.5.

Prošireni blok za obradu iznimaka tvore ključne riječi `else` i/ili `finally`.

3.8.6.

Unutar `except` bloka, iznimke se hvataju i obrađuju.

3.8.7.

Blok `else` se izvodi u slučaju kada se unutar bloka `try` ne dogodi iznimka ili ako se on ne završi pozivom naredbe `return`, `break` ili `continue`.

3.8.8.

Blok `finally` se uvijek izvršava prije završetka obrade iznimke (bilo da se iznimka dogodila ili ne).

4.4.1.

```
class Vozilo:
    pass


v1 = Vozilo()
v2 = Vozilo()
v3 = Vozilo()

print(v1)
print(v2)
print(v3)
```

```
Izlaz:
     <__main__.Vozilo object at 0x02960C50>
     <__main__.Vozilo object at 0x02BBD9B0>
     <__main__.Vozilo object at 0x02BBD990>
```

4.4.2.

```
class Vozilo:
    def vozi(self):
        print("Vozi!")

    def koci(self):
        print("Koci!")


v1 = Vozilo()
v2 = Vozilo()
v3 = Vozilo()

v1.vozi()
v1.koci()

v2.vozi()
v2.koci()

v3.vozi()
v3.koci()
```

```
Izlaz:
     Vozi!
     Koci!
     Vozi!
     Koci!
     Vozi!
     Koci!
```

4.4.3.

```
class Vozilo:
    def __init__(self, proizvodac, model, godiste):
        self.proizvodac = proizvodac
        self.model = model
        self.godiste = godiste

    def vozi(self):
        print("Vozi!")

    def koci(self):
        print("Koci!")
```

Izlaz:

4.4.4.

```
class Vozilo:
    def __init__(self, proizvodac, model, godiste):
        self.proizvodac = proizvodac
        self.model = model
        self.godiste = godiste

    def ispis(self):
        print("Proizvodac:", self.proizvodac)
        print("Model:", self.model)
        print("Godiste:", self.godiste)

    def vozi(self):
        print("Vozi!")

    def koci(self):
        print("Koci!")


v1 = Vozilo("Proizvodac 1", "Model X", "2010")
v2 = Vozilo("Proizvodac 2", "Model Y", "2018")

print("Vozilo 1:")
v1.ispis()
print("\nVozilo 2:")
v2.ispis()
```

Izlaz:

```
Vozilo 1:
Proizvodac: Proizvodac 1
Model: Model X
Godiste: 2010

Vozilo 2:
Proizvodac: Proizvodac 2
Model: Model Y
Godiste: 2018
```

4.4.5.

```
class Student:
    brojac = 0

    def __init__(self):
        self.ocjene = []

    def novaOcjena(self, ocjena):
        self.ocjene.append(ocjena)
        Student.brojac += 1

    def arSr(self):
        suma = 0
        broj = 0
        for element in self.ocjene:
            suma += element
            broj += 1
        return suma / broj

    def brojOcjena(self, ocjena):
        return self.ocjene.count(ocjena)

    def brojSvihOcjena1():
        return Student.brojac

    @staticmethod
    def brojSvihOcjena2():
        return Student.brojac


s1 = Student()
s2 = Student()

s1.novaOcjena(5)
s1.novaOcjena(5)
s1.novaOcjena(5)
s1.novaOcjena(5)
s1.novaOcjena(5)

s2.novaOcjena(4)
s2.novaOcjena(3)
s2.novaOcjena(2)
s2.novaOcjena(2)
s2.novaOcjena(2)

print("S1 - Ar. sredina je: ", s1.arSr())
print("S1 - Broj ocjena (5) je:", s1.brojOcjena(5))

print("S2 - Ar. sredina je: ", s2.arSr())
print("S2 - Broj ocjena (5) je:", s2.brojOcjena(5))

print("Ukupno ocjena:", Student.brojSvihOcjena1())
print("Ukupno ocjena:", s1.brojSvihOcjena2())
```

Izlaz:

```
S1 - Ar. sredina je:  5.0
S1 - Broj ocjena (5) je: 5
S2 - Ar. sredina je:  2.6
S2 - Broj ocjena (5) je: 0
Ukupan broj ocjena je: 10
Ukupan broj ocjena je: 10
```

4.7.1.

```
class Osoba:
    def __init__(self, imeOsobe):
        self.imeOsobe = imeOsobe


o = Osoba("Ivan")
print(o.imeOsobe)
o.imeOsobe = "Perica"
print(o.imeOsobe)
```

```
Izlaz:
      Ivan
      Perica
```

4.7.2.

```
class Osoba:
    def __init__(self, imeOsobe):
        self._imeOsobe = imeOsobe


o = Osoba("Ivan")
print(o._imeOsobe)
o._imeOsobe = "Perica"
print(o._imeOsobe)
```

```
Izlaz:
      Ivan
      Perica
```

4.7.3.

```
class Osoba:
    def __init__(self, imeOsobe):
        self.__imeOsobe = imeOsobe


o = Osoba("Ivan")
print(o.__imeOsobe)
o.__imeOsobe = "Perica"
print(o.__imeOsobe)
```

```
Izlaz:
      Traceback (most recent call last):
        File "test.py", line 7, in <module>
          print(o.__imeOsobe)
      AttributeError: 'Osoba' object has no
      attribute '__imeOsobe'
```

4.7.4.

```
class Osoba:
    def __init__(self, imeOsobe):
        self.__imeOsobe = imeOsobe


o = Osoba("Ivan")
print(o._Osoba__imeOsobe)
```

```
Izlaz:
      Ivan
```

4.7.5.

```
class Osoba:
    def __init__(self, imeOsobe):
        self.__imeOsobe = imeOsobe

    def getImeOsobe(self):
        return self.__imeOsobe

    def setImeOsobe(self, imeOsobe):
        self.__imeOsobe = imeOsobe


o = Osoba("Ivan")
print(o.getImeOsobe())
o.setImeOsobe("Perica")
print(o.getImeOsobe())
```

```
Izlaz:
      Ivan
      Perica
```

4.7.6.

```
class Osoba:
    def __init__(self, imeOsobe):
        self.__imeOsobe = imeOsobe

    @property
    def imeOsobe(self):
        return self.__imeOsobe

    @imeOsobe.setter
    def imeOsobe(self, imeOsobe):
        self.__imeOsobe = imeOsobe


o = Osoba("Ivan")
print(o.imeOsobe)
o.imeOsobe = "Perica"
print(o.imeOsobe)
```

```
Izlaz:
      Ivan
      Perica
```

4.11.1.

```
class Stavka:
    def __init__(self, naziv, cijena):
        self._naziv = naziv
        self._cijenaNeto = cijena

    def cijenaPdv(self):
        return self._cijenaNeto * 1.25


class Sok(Stavka):
    def __init__(self, naziv, cijena, volumen):
        super().__init__(naziv, cijena)
        self._volumen = volumen

    def ispis(self):
        print("Naziv:", self._naziv)
        print("Volumen:", self._volumen)
        print("Cijena(bez PDV-a):",self._cijenaNeto)


class Hrana(Stavka):
    def __init__(self, naziv, cijena, kalorije):
        super().__init__(naziv, cijena)
        self._kalorije = kalorije

    def ispis(self):
        print("Naziv:", self._naziv)
        print("Kalorije:", self._kalorije)
        print("Cijena(bez PDV-a):",self._cijenaNeto)


p = Sok("Naranča", 10, 0.5)
h = Hrana("Pizza", 40, 150)

p.ispis()
print("Cijena (s PDV-om):", p.cijenaPdv())
print("-------------")
h.ispis()
print("Cijena (s PDV-om):", h.cijenaPdv())
```

```
Izlaz:
      Naziv: Sok
      Volumen: 0.5
      Cijena (bez PDV-a): 10
      Cijena (s PDV-om): 12.5
      -------------
      Naziv: Pizza
      Kalorije: 150
      Cijena (bez PDV-a): 40
      Cijena (s PDV-om): 50.0
```

4.11.2.

```
class Stavka:
    def __init__(self, naziv, cijena):
        self._naziv = naziv
        self._cijenaNeto = cijena

    def cijenaPdv(self):
        return self._cijenaNeto * 1.25

class Sok(Stavka):
    def __init__(self, naziv, cijena, volumen):
        super().__init__(naziv, cijena)
        self._volumen = volumen

    def ispis(self):
        print("Naziv:", self._naziv)
        print("Volumen:", self._volumen)
        print("Cijena(bez PDV-a):",self._cijenaNeto)

    def cijenaPdv(self):
        return self._cijenaNeto * 1.15

class Hrana(Stavka):
    def __init__(self, naziv, cijena, kalorije):
        super().__init__(naziv, cijena)
        self._kalorije = kalorije

    def ispis(self):
        print("Naziv:", self._naziv)
        print("Kalorije:", self._kalorije)
        print("Cijena(bez PDV-a):",self._cijenaNeto)


    def cijenaPdv(self):
        return self._cijenaNeto * 1.05


p = Sok("Naranča", 10, 0.5)
h = Hrana("Pizza", 40, 150)

p.ispis()
print("Cijena (s PDV-om):", p.cijenaPdv())
print("-------------")
h.ispis()
print("Cijena (s PDV-om):", h.cijenaPdv())
```

```
Izlaz:
      Naziv: Sok
      Volumen: 0.5
      Cijena (bez PDV-a): 10
      Cijena (s PDV-om): 11.5
      -------------
      Naziv: Pizza
      Kalorije: 150
      Cijena (bez PDV-a): 40
      Cijena (s PDV-om): 42.0
```

4.11.3.

```
class GeometrijskiLikovi:

  def opseg(a=None, b=None, c=None):
    if a is None and b is None and c is None:
      print("Dogodila se greška!")

    elif a is not None and b is None and c is None:
      print(2 * a * pi)

    elif a is not None and b is not None and c is None:
      print(2 * a + 2 * b)

    else:
      print(a + b + c)
```

```
Izlaz:
      Dogodila se greška!
      6.283185307179586
      6
      6
```

4.14.1.

```
from abc import ABC, abstractmethod


class Zivotinja(ABC):

    @abstractmethod
    def glasanje(self):
        pass

    @abstractmethod
    def pokret(self):
        pass


class Pas(Zivotinja):

    def glasanje(self):
        print("Wau wau!")

    def pokret(self):
        print("Trcanje i hodanje!")


class Puz(Zivotinja):

    def glasanje(self):
        print("Ne glasa se!")

    def pokret(self):
        print("Puzanje!")


pas = Pas()
puz = Puz()

print("Pas:")
pas.glasanje()
pas.pokret()

print("\nPuz:")
puz.glasanje()
puz.pokret()
```

```
Izlaz:
      Pas:
      Wau wau!
      Trcanje i hodanje!

      Puz:
      Ne glasa se!
      Puzanje!
```

4.15.1.

Za kompleksnije programe bolje je koristiti objektno orijentirano programiranje.

4.15.2.

Osnovna cjelina zove se razred. Razred sadržava kompletnu strukturu i funkcionalnosti objekata.

4.15.3.

Konstruktor.

4.15.4.

Ne.

4.15.5.

Parametar `self` povezuje metodu s objektom.

4.15.6.

Varijablu razreda moguće je dohvatiti iz svih objekata i ona će uvijek imati jednu te istu vrijednost nevezano za to iz kojeg ju se objekta dohvaća, dok je varijabla objekta strogo vezana za neki konkretan objekt.

4.15.7.

`public`, `protected`, `private`.

4.15.8.

Javna varijabla vidljiva je i dohvatljiva iz svih dijelova programskoga kôda, dok je privatna varijabla dohvatljiva samo iz razreda/objekta unutar kojeg je definirana.

4.15.9.

Nasljeđivanje je princip kojim se definiranje nekoga razreda vrši korištenjem postojećega razreda.

4.15.10.

Kada dvije i više metoda (funkcija) imaju identično ime, ali različit broj parametara, to se zove preopterećenje (engl. *Overloading*).

4.15.11.

Nadjačavanje je situacija u kojoj metoda u izvedenom razredu nadjačava (mijenja) metodu iz baznog razreda.

5.5.1.

```
def ispis(sudionici, rezultati):
    i = 0
    for s in sudionici:
        print(s, ":", rezultati[i])
        i += 1


sud = ["Ivica", "Marica", "Perica", "Nika",
"Nikica", "Tihana", "Stjepan", "Petra"]
rez = [10.11, 11.58, 10.08, 10.06, 10.77, 11.22,
11.55, 10.05]

print("Prije sortiranja: ")
ispis(sud, rez)

brojSudionika = len(rez)
for i in range(brojSudionika):

    minIndex = i
    for j in range(i + 1, brojSudionika):
        if rez[j] < rez[minIndex]:
            minIndex = j

    rez[i], rez[minIndex] = rez[minIndex], rez[i]
    sud[i], sud[minIndex] = sud[minIndex], sud[i]

print("\n\nNakon sortiranja: ")
ispis(sud, rez)
```

```
Izlaz:
      Prije sortiranja:
      Ivica : 10.11
      Marica : 11.58
      Perica : 10.08
      Nika : 10.06
      Nikica : 10.77
      Tihana : 11.22
      Stjepan : 11.55
      Petra : 10.05


      Nakon sortiranja:
      Petra : 10.05
      Nika : 10.06
      Perica : 10.08
      Ivica : 10.11
      Nikica : 10.77
      Tihana : 11.22
      Stjepan : 11.55
      Marica : 11.58
```

5.5.2.

```
def ispis(sud, rez):
    i = 0
    for s in sud:
        print(s, ":", rez[i])
        i += 1


sud = ["Ivica", "Marica", "Perica", "Nika",
"Nikica", "Tihana", "Stjepan", "Petra"]
rez = [10.11, 11.58, 10.08, 10.06, 10.77, 11.22,
11.55, 10.05]

print("Prije sortiranja: ")
ispis(sud, rez)

brojElemenata = len(rez)
for i in range(brojElemenata - 1):

    zamjena = False
    for j in range(brojElemenata - 1 - i):
        if rez[j + 1] < rez[j]:
            rez[j], rez[j + 1] = rez[j + 1], rez[j]
            sud[j], sud[j + 1] = sud[j + 1], sud[j]
            zamjena = True

    if zamjena == False:
        break

print("\n\nNakon sortiranja: ")
ispis(sud, rez)
```

```
Izlaz:
     Prije sortiranja:
     Ivica : 10.11
     Marica : 11.58
     Perica : 10.08
     Nika : 10.06
     Nikica : 10.77
     Tihana : 11.22
     Stjepan : 11.55
     Petra : 10.05


     Nakon sortiranja:
     Petra : 10.05
     Nika : 10.06
     Perica : 10.08
     Ivica : 10.11
     Nikica : 10.77
     Tihana : 11.22
     Stjepan : 11.55
     Marica : 11.58
```

5.6.1.

Ugrađenu metodu `sort()` nije moguće koristiti u slučaju da postoje, na primjer, dvije liste, u jednoj listi nalaze se imena osoba, a u drugoj listi nalaze se rezultati natjecanja (podaci su povezani preko zajedničkog indeksa). U tom slučaju potrebno je ručno implementirati algoritam koji će istovremeno sortirati obje liste.

5.6.2.

Na početku ovog algoritma pronalazi se najmanja vrijednost, tako pronađena najmanja vrijednost stavlja se na prvo mjesto, nakon toga traži se sljedeća najmanja vrijednost koja se stavlja na drugo mjesto i tako dalje sve do trenutka kada niz bude sortiran.

5.6.3.

Ovaj algoritam prolazi kroz niz te uspoređuje parove vrijednosti, tj. susjedne elemente. U slučaju da su ti elementi (susjedi) u neispravnom poretku, tada se njihove vrijednosti mijenjaju. Algoritam kroz nesortirani dio niza prolazi tako dugo dok niz ne postane sortiran.

5.6.4.

Algoritam zamjene susjednih elemenata moguće je poboljšati tako da se uvede dodatna varijabla u koju će biti zapisano je li se unutar nekog prolaza dogodila zamjena ili ne. Ako unutar nekog prolaza po nesortiranom dijelu niza nema zamjene, niz se proglašava sortiranim te se pomoću naredbe `break` prekida daljnje uspoređivanje susjednih elemenata.

6.4.1.

```
class NasumicniBroj:
    __singleton = None

    def __init__(self):
        if NasumicniBroj.__singleton != None:
            raise Exception("Singleton!")
        else:
            NasumicniBroj.__singleton = self
            NasumicniBroj.__sljedeci = 67

    @staticmethod
    def getInstance():
        if NasumicniBroj.__singleton == None:
            NasumicniBroj()

        return NasumicniBroj.__singleton

    def sljedeci(self):
        tmp = self.__sljedeci
        self.__sljedeci = 9845612 % tmp + 17 * 7
        return tmp


generator = NasumicniBroj.getInstance()
generator2 = NasumicniBroj.getInstance()
print(generator.sljedeci())
print(generator2.sljedeci())
print(generator.sljedeci())
print(generator2.sljedeci())
print(generator.sljedeci())
print(generator2.sljedeci())
print(generator.sljedeci())
print(generator2.sljedeci())
```

```
Izlaz:
     67
     148
     179
     194
     231
     280
     371
     133
```

6.4.2.

```
from abc import ABC, abstractmethod


class Citati:
    def __init__(self):
        self._pretplatnici = set()
        self._danasnjiCitat = None

    def noviPretplatnik(self, pretplatnik):
```

```
        self._pretplatnici.add(pretplatnik)
        pretplatnik._izvor = self

    def _obavijesti(self):
        for p in self._pretplatnici:
            p.osvjezi(self._danasnjiCitat)

    @property
    def danasnjiCitat(self):
        return self._danasnjiCitat

    @danasnjiCitat.setter
    def danasnjiCitat(self, value):
        self._danasnjiCitat = value
        self._obavijesti()


class Pretplatnik(ABC):
    def __init__(self):
        self._izvor = None
        self._danasnjiCitat = None

    @abstractmethod
    def osvjezi(self, value1):
        pass


class KonkretanPretplatnik(Pretplatnik):

    def __init__(self, naziv):
        super().__init__()
        self._naziv = naziv

    def osvjezi(self, danasnjiCitat):
        self._danasnjiCitat = danasnjiCitat
        print("Pretplatnik", self._naziv,
              "je primio novi citat")
        print("  Citat =", self._danasnjiCitat)


c = Citati()
p1 = KonkretanPretplatnik("Ivica")
p2 = KonkretanPretplatnik("Marica")

c.noviPretplatnik(p1)
c.noviPretplatnik(p2)
c.danasnjiCitat = "Brod je siguran u luci, ali brod
nije izgrađen da bi bio u luci."
print()
c.danasnjiCitat = "Budi promjena koju želiš vidjeti
u svijetu."
print()
c.danasnjiCitat = "Nikada nije prekasno da budete
ono što biste mogli biti."
```

```
Izlaz:
      Pretplatnik Ivica je primio novi citat
```

```
    Citat = Brod je siguran u luci, ali brod
  nije izgrađen da bi bio u luci.
  Pretplatnik Marica je primio novi citat
    Citat = Brod je siguran u luci, ali brod
  nije izgrađen da bi bio u luci.

  Pretplatnik Ivica je primio novi citat
    Citat = Budi promjena koju želiš vidjeti u
  svijetu.
  Pretplatnik Marica je primio novi citat
    Citat = Budi promjena koju želiš vidjeti u
  svijetu.

  Pretplatnik Ivica je primio novi citat
    Citat = Nikada nije prekasno da budete ono
  što biste mogli biti.
  Pretplatnik Marica je primio novi citat
    Citat = Nikada nije prekasno da budete ono
  što biste mogli biti.
```

6.4.3.

```
from abc import ABC, abstractmethod


class Citati:
    __singleton = None

    def __init__(self):
        if Citati.__singleton != None:
            raise Exception("Singleton!")
        else:
            Citati.__singleton = self
            self._pretplatnici = set()
            self._danasnjiCitat = None

    @staticmethod
    def getInstance():
        if Citati.__singleton == None:
            Citati()
        return Citati.__singleton

    def noviPretplatnik(self, pretplatnik):
        self._pretplatnici.add(pretplatnik)
        pretplatnik._izvor = self

    def _obavijesti(self):
        for p in self._pretplatnici:
            p.osvjezi(self._danasnjiCitat)

    @property
    def danasnjiCitat(self):
        return self._danasnjiCitat

    @danasnjiCitat.setter
    def danasnjiCitat(self, value):
```

```
        self._danasnjiCitat = value
        self._obavijesti()


class Pretplatnik(ABC):
    def __init__(self):
        self._izvor = None
        self._danasnjiCitat = None

    @abstractmethod
    def osvjezi(self, value1):
        pass


class KonkretanPretplatnik(Pretplatnik):

    def __init__(self, naziv):
        super().__init__()
        self._naziv = naziv

    def osvjezi(self, danasnjiCitat):
        self._danasnjiCitat = danasnjiCitat
        print("Pretplatnik", self._naziv,
              "je primio novi citat")
        print("  Citat =", self._danasnjiCitat)


c = Citati.getInstance()
c2 = Citati.getInstance()
p1 = KonkretanPretplatnik("Ivica")
p2 = KonkretanPretplatnik("Marica")
c.noviPretplatnik(p1)
c.noviPretplatnik(p2)
c2.danasnjiCitat = "Brod je siguran u luci, ali brod
nije izgrađen da bi bio u luci."
print()
c2.danasnjiCitat = "Budi promjena koju želiš vidjeti
u svijetu."
print()
c2.danasnjiCitat = "Nikada nije prekasno da budete
ono što biste mogli biti."
```

```
Izlaz:
      Pretplatnik Ivica je primio novi citat
        Citat = Brod je siguran u luci, ali brod
      nije izgrađen da bi bio u luci.
      Pretplatnik Marica je primio novi citat
        Citat = Brod je siguran u luci, ali brod
      nije izgrađen da bi bio u luci.

      Pretplatnik Ivica je primio novi citat
        Citat = Budi promjena koju želiš vidjeti u
      svijetu.
      Pretplatnik Marica je primio novi citat
        Citat = Budi promjena koju želiš vidjeti u
      svijetu.
```

```
Pretplatnik Ivica je primio novi citat
  Citat = Nikada nije prekasno da budete ono
što biste mogli biti.
Pretplatnik Marica je primio novi citat
  Citat = Nikada nije prekasno da budete ono
što biste mogli biti.
```

6.5.1.

Algoritam definira korake koje je potrebno napraviti kako bi se postigao neki cilj, dok je oblikovni obrazac uputa prema kojoj je moguće riješiti neki problem na najbolji mogući način.

6.5.2.

"Jedinstveni objekt" omogućava samo jedno kreiranje objekta nekoga razreda, što znači da ne može postojati više različitih objekata jednoga te istog razreda.

6.5.3.

Oblikovni obrazac "promatrač" omogućava da se na jednostavan način obavijeste svi objekti koji su pretplaćeni na obavještavanje da je došlo do promjene podatka unutar glavnog objekta.

7.3.1.

Obrađeno u poglavlju *7.1.1. Postavljanje PATH varijabli okoline.*

7.3.2.

Obrađeno u poglavlju *7.1.4. Primjer instalacije paketa – `numpy`.*

7.3.3.

```
from sympy import *

x = symbols('x')
init_printing()

pprint(Integral(4 * x / sqrt(pow(x, 2) + 1), x),
use_unicode=False)
```

```
Izlaz:
       /
      |
      |      4*x
      | ------------ dx
      |      _________
      |     /   2
      | \/   x   + 1
      |
     /
```

7.3.4.

moj.py

```
def funkcijaIspisuje():
    print("Ispis!")
```

program.py

```
import moj

moj.funkcijaIspisuje()
```

```
Izlaz:
     Ispis!
```

Literatura

1. A. B. Downey, *Think Python*, O'Reilly Media, 2012.
2. Aleksandar Stojanović, *Elementi računalnih programa*, Element, 2012.
3. David Beazley, Brian Jones, *Python Cookbook, 3rd Edition*, O'Reilly Media, 2013.
4. FER, http://www.zemris.fer.hr/~ssegvic/pubs/ooup1Principles.pdf dohvaćeno 15.06.2019.
5. G. van Rossum, *Introduction to Python 3; Documentation for Python*, SoHoBooks, 2010.
6. John Paul Mueller, *Beginning Programming with Python For Dummies*, Wiley, 2014.
7. *Learn Python*, https://www.learnpython.org/, dohvaćeno 11.02.2019.
8. Leo Budin, Predrag Brođanac, Zlatka Markučič, Smiljana Perić, Dejan Škvorc, Magdalena Babić, *Računalno razmišljanje i programiranje u Pythonu*, Element, 2017.
9. Leo Budin, Predrag Brođanac, Zlatka Markučič, Smiljana Perić, *Napredno rješavanje problema programiranjem u Pythonu*, Element, 2013.
10. Leo Budin, Predrag Brođanac, Zlatka Markučič, Smiljana Perić, *Rješavanje problema programiranjem u Pythonu*, Element, 2012.
11. Mark Lutz, *Programming Python, 4th Edition*, O'Reilly Media, 2010.
12. Marko Hruška, *Osnove programiranja (Python)*, Srce, 2018.
13. Predrag Brođanac, Leo Budin, Zlatka Markučič, Smiljana Perić, *Izrada primjenskih programa u Pythonu*, Element, 2017.
14. *Python 3.x Documentation*, https://docs.python.org/3/, dohvaćeno 11.02.2019.
15. *Python Notes for Professionals*, GoalKicker, https://goalkicker.com/PythonBook/
16. *Python Tutorials*, https://pythonspot.com/, dohvaćeno 11.02.2019.
17. Toma Rončević, *Uvod u programiranje*, 2016.
18. Zoran Kalafatić, Antonio Pošćić, Siniša Šegvić, Julijan Šribar, *Python za znatiželjne*, Element, 2016.

Bilješke:

[1] Sadržaj preuzet s: FER, http://www.zemris.fer.hr/~ssegvic/pubs/ooup1Principles.pdf