

Miloš A. Kovačević

OSNOVE PROGRAMIRANJA u Pajtonu

drugo dopunjeno izdanje

Akadska misao

Beograd 2024.

Miloš A. Kovačević

OSNOVE PROGRAMIRANJA U PAJTONU

Drugo dopunjeno izdanje

Recenzenti:

Dr Jelica Protić

Dr Milo Tomašević

Dr Branislav Bajat

Izdavači:

Akadska misao, Beograd

Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet, Beograd

Štampa

Akadska misao, Beograd

Tiraž

100 primeraka

Dizajn naslovne strane

Autor

Ilustracija na koricama

Marko i Anđela Kovačević - *Jesen*

Ilustracija na početku svake glave

Luka Kovačević - *Poletanje*

ISBN 978-86-7466-993-8

Mesto i godina izdanja

Beograd, 2024.

© 2024 Miloš A. Kovačević

GRAĐEVINSKI FAKULTET U BEOGRADU

WWW.GRF.BG.AC.RS

*majci Ružici i ocu Anđelku,
bez dobrog temelja, kuća je klimava*

*Tamari,
da dvoje budu jedno*

*Milošu Cvetojeviću - Abi,
hvala ti za Sveznanje, Galaksiju i podršku tokom odrastanja*



Sadržaj

Predgovor	i
1 Algoritmi i programski jezici	1
1.1 Programiranje i svet oko nas	1
1.1.1 Sistemi, modeli i procesi	2
1.1.2 Informacije	3
1.2 Model računara	4
1.3 Algoritmi i heuristike	6
1.3.1 Algoritmi	6
1.3.2 Heuristike	9
1.4 Programski jezici	10
1.4.1 Mašinski i asemblerski jezik	11
1.4.2 Viši programski jezik - prevodenje i interpretacija	11
1.4.3 Tipovi programskih jezika	13

1.5	Zašto Pajton?	15
2	Objekti, tipovi i operacije	19
2.1	Interaktivni rad u razvojnom okruženju IDLE	19
2.2	Koliko je težak prvi Pajton program	22
2.2.1	Od oblasti problema do algoritma	22
2.2.2	Testiranje programa u IDLE okruženju	23
2.2.3	Analiza programa	23
2.2.4	Sintaksne i semantičke greške	25
2.3	Predstavljanje podataka i osnovne operacije	26
2.3.1	Objekti	26
2.3.2	Izrazi i promenljive, dodela vrednosti	29
2.3.3	Aritmetičko-logičke operacije i poređenja	33
2.3.4	Konstruktori osnovnih tipova	36
2.3.5	Promenljivost objekata	37
3	Kontrola toka. Iterativni algoritmi	39
3.1	Kontrola toka	39
3.1.1	Grananja	41
3.1.2	Petlje	45
3.2	Iterativni algoritmi	52
3.2.1	Metoda uzastopne aproksimacije	53
3.2.2	Metoda iterativne konstrukcije	54
3.2.3	Iterativna pretraga u prostoru rešenja	59
4	Funkcije i moduli. Rekurzivni algoritmi	69
4.1	Korisničke funkcije	70
4.1.1	Definisanje funkcije	70
4.1.2	Povratne vrednosti	74
4.1.3	Imenovani i opcioni parametri	79
4.1.4	Imenski prostori. Opseg važenja promenljivih	80

4.2	Organizacija izvornog koda	86
4.2.1	Moduli	86
4.2.2	Paketi	89
4.2.3	Funkcije i moduli kao objekti	89
4.3	Rekurzivni algoritmi	91
4.3.1	Rekurzija na delu	92
4.3.2	Prednosti i mane rekurzivnog pristupa	98
5	Kolekcije objekata: sekvence, skupovi i rečnici	103
5.1	Sekvence	104
5.1.1	Tekst - tip <code>str</code>	105
5.1.2	Objekti i metode. Metode za rad sa tekstem	114
5.1.3	Liste - tip <code>list</code>	117
5.1.4	Tekstualne metode i liste	126
5.1.5	Torke - tip <code>tuple</code>	129
5.2	Skupovi i rečnici	133
5.2.1	Skupovi - tip <code>set</code>	133
5.2.2	Rečnici - tip <code>dict</code>	138
5.3	Kolekcije i kombinatorne strukture	148
5.3.1	Kombinacije	149
5.3.2	Permutacije i varijacije	155
6	Algoritmi zasnovani na slučajnim brojevima	163
6.1	Pseudoslučajni brojevi	164
6.2	Funkcije za slučajni odabir i mešanje	167
6.3	Probabilistički algoritmi	170
6.3.1	Verovatnoća događaja i slučajne promenljive	170
6.3.2	Monte Karlo simulacija	173
7	Složenost algoritma. Pretraživanje i sortiranje	181
7.1	Merenje vremena	182

7.2	Analiza složenosti algoritma	186
7.2.1	Funkcija vremenske složenosti	186
7.2.2	Asimptotske notacije	188
7.3	Pretraživanje	190
7.3.1	Linearno pretraživanje	191
7.3.2	Binarno pretraživanje	194
7.4	Algoritmi sortiranja	197
7.4.1	Counting sort	197
7.4.2	Selection sort	200
7.4.3	Merge sort	203
7.4.4	Quick sort	207
7.5	Redovi složenosti predefinisanih operacija nad kolekcijama	210
7.5.1	Složenost u radu sa listama	212
7.5.2	Složenost u radu sa rečnicima	213
8	Obrada grešaka u programu	217
8.1	Trag i tipovi grešaka	217
8.2	Defanzivno programiranje	220
8.2.1	Provera korektnosti ulaznih podataka	220
8.2.2	Model klijent-server	222
8.2.3	Informacija o stanju obrade u klijent-server modelu	223
8.3	Greške kao izuzeci	225
8.3.1	Kritična sekcija. Kontrolna struktura <code>try - except</code>	226
8.3.2	Eksplisitno prosleđivanje izuzetaka. Naredba <code>raise</code>	229
8.3.3	Bezuslovno izvršavanje pri obradi izuzetaka. Naredba <code>finally</code>	232
9	Tekstualne datoteke	235
9.1	Pojam i interpretacija	235
9.2	Sistem datoteka	236

9.3	Ulazno-izlazne operacije sa tekstualnim datotekama	244
9.3.1	Čitanje iz tekstualne datoteke	244
9.3.2	Upisivanje u tekstualnu datoteku	246
9.4	Tekstualne datoteke u CSV formatu	254
9.4.1	Parsiranje CSV datoteke	255
9.4.2	Upisivanje tabelarnih podataka	256
10	Apstraktni tipovi podataka - klase	263
10.1	Apstrahovanje realnog sveta - objekti i klase	264
10.1.1	Enkapsulacija - atributi i metode	265
10.1.2	Definisanje klase	267
10.1.3	Magične metode i preopterećenje operatora	271
10.1.4	Klasni atributi i statičke metode	279
10.1.5	Sakrivanje informacija	283
10.2	Kompozicija i agregacija	293
10.3	Nasleđivanje	303
10.3.1	Pretraga metoda pri pozivu. Prepisivanje metode	307
10.3.2	Red i stek - primeri nasleđivanja	308
11	Pajton za inženjere: NumPy i Matplotlib	317
11.1	Procesiranje višedimenzionalnih nizova brojeva - NumPy	317
11.1.1	Kreiranje matrice	322
11.1.2	Pristup elementima matrice - osnovno indeksiranje	326
11.1.3	Matrične funkcije i operacije	338
11.1.4	Poređenje, logičke operacije i napredno indeksiranje	350
11.1.5	Spajanje i razdvajanje matrica i rearanžiranje elemenata	359
11.2	Grafičko predstavljanje podataka - Matplotlib	371
11.2.1	Linijski dijagram i osnovni elementi grafičkog prikaza	371
11.2.2	Pravougaoni i kružni dijagram. Histogram	377
11.2.3	Dijagram površi - grafik realne funkcije dve promenljive	380

Bibliografija	387
Spisak slika	389
Spisak tabela	393
Indeks problema	395
Indeks pojmova	397



Predgovor

Predgovor drugom dopunjenom izdanju

Poštovani čitaoci,

pred vama je drugo dopunjeno izdanje knjige *Osnove programiranja u Pajtonu*. Zahvaljujući ubrzanom razvoju veštačke inteligencije, kao i sve većem značaju nauke o podacima, programski jezik Pajton je, u prethodnih pet godina, povećao svoju popularnost i predstavlja prvi izbor za jezik u kome se izučavaju osnovni koncepti programiranja. Zbog toga sam se odlučio da poboljšam tekst prethodnog izdanja, uklonim uočene greške i dodam glavu koja se bavi programskim paketima *NumPy* i *Matplotlib*. Ovi paketi objedinjavaju neophodne alate za sve one koji se bave kreiranjem i analizom matematičkih modela realnih sistema i analizom numeričkih podataka. *NumPy* se bavi matričnim izračunavanjima, dok *Matplotlib* predstavlja skup alata za grafičko predstavljanje podataka.

Pored teksta nove glave, koja nosi ime *Pajton za inženjere: NumPy i Matplotlib*, u okviru ovog izdanja dodati su i delovi teksta vezani za sledeće mogućnosti jezika:

- uslovni izrazi - glava 3,
- oblikovanje teksta pomoću formatirajućeg stringa - glava 5,
- operatori raspakivanja - glava 5,
- slučajno uzorkovanje pomoću odabira sa ponavljanjem - glava 6.

Nadam se da će učinjene izmene pomoći čitaocima da lakše savladaju neophodne tehnike programiranja.

Na kraju, zahvaljujem se kolegi Mladenu Nikoliću, kao i recenzentima Jelici Protić, Milu Tomaševiću i Branislavu Bajatu, koji su svojim vrednim komentarima pomogli da se tekst drugog izdanja što više poboljša. Posebno se zahvaljujem gospodinu Aleksandru Bakoču i kompaniji Daran Group, koji su omogućili štampanje kompletnog tiraža drugog izdanja.

Srećno!

Beograd, decembar 2023.

Autor

Predgovor prvom izdanju

Poštovani čitaoci,

pred vama je knjiga *Osnove programiranja u Pajtonu*, namenjena kako studentima prve godine Građevinskog fakulteta u Beogradu, tako i svima onima koji žele da pođu na ne tako lak, ali izazovan put ovladavanja veštinom programiranja. Kao i svaka druga veština, programiranje zahteva od početnika *strpljenje* i *upornost*. Olakšavajuća okolnost u procesu učenja ogleda se u mogućnosti da se uloženi rad vrlo brzo testira, tako što se novonastali program izvrši na računaru. Računar će, za razliku od čoveka, uvek izvršiti samo ono što mu se naredi. To često neće biti ono što se želelo, ali problem nije do računara već do programera koji svoje želje nije uspeo da pretoči u ispravan niz naredbi. Zato se u knjizi, pored programskog jezika, naglasak stavlja na osnovne tehnike za rešavanje pojedinih tipova problema.

Algoritmi, koji predstavljaju precizno definisane postupke za rešavanje problema na računaru, ilustrovani su putem kratkih programa realizovanih u Pajtonu. Jezik Pajton izabran je kako zbog svoje jednostavnosti, tako i zbog svoje otvorenosti i opšte prisutnosti, naročito u naučnoj i inženjerskoj zajednici. U knjizi se ne razmatraju sve mogućnosti i specifičnosti Pajtona. Za tu svrhu može se koristiti brojna literatura koja se bavi detaljnom specifikacijom jezika.¹ Slično, rešenja pojedinih problema ne koriste uvek pristup svojstven stilu ekspertskeg programiranja u Pajtonu. Ovo je učinjeno kako bi se naglasila opšta ideja nekog postupka rešavanja primenjiva i u drugim modernim jezicima. Algoritamski pristup zahteva i izvesno poznavanje srednjoškolske matematike, što ne bi trebalo da predstavlja nepremostivu prepreku. Pojedini matematički problemi pružaju dobru podlogu za objašnjenje često korišćenih tehnika u inženjerskom programiranju. Jedostavan matematički aparat koristi se i prilikom analize složenosti pojedinih algoritama.

U Pajtonu se *svi* podaci, počevši od broja jedan pa do samog programa, predstavljaju objektima odgovarajućeg tipa. Objektima se mogu pridodati i željena ponašanja pa se uz njihovu pomoć mogu simulirati različiti realni sistemi. Zbog toga, knjiga pored *proceduralnog*, promovise i *objektno orijentisani* pristup koji u centar rešavanja problema stavlja objekte kao apstrakcije podataka ili delove složenih sistema. Autor se nada da će čitaoci tako steći neophodnu inženjersku veštinu sagledavanja problema (sistema) kroz njegove jednostavnije potprobleme (podsisteme) i uočavanja veza između njih.

Programiranje se najbolje uči na primerima. Knjiga sadrži priličan broj ilustrativnih problema čija rešenja su detaljno objašnjena, a rad pridruženih programa ilustrovan na pogodan način. Čitaoci se ohrabruju da ih sve *obavezno* proučavaju jer se u okviru njihovih rešenja ilustruju različiti teoretski i praktični koncepti.

Knjiga se ne bavi elementima programiranja koji se odnose na izgradnju korisničkog interfejsa, rad sa bazama podataka i drugim tehnikama za kreiranje poslovnih aplikacija.

¹ Preporučuje se dokumentacija na adresi <http://docs.python.org/reference/>.

Ova odluka učinjena je u nameri da se pažnja čitaoca usmeri na *osnovne tehnike* koje se primenjuju u svim oblastima računarstva. Po savladavanju izložene materije biće daleko jednostavnije upustiti se u dublje programerske vode.

Na kraju, zahvaljujem se asistentima Dušanu Isailoviću i Mariji Petronijević na pomoći pri izradi slika, recenzentima Jelici Protić i Mladenu Nikoliću na uočenim nedostacima i korisnim predlozima u pogledu izložene materije, kao i Milosavi Mijović i Radmili Žeželj Ralić na lekturi i korekturi teksta. Njihovo zalaganje značajno je poboljšalo prvobitnu verziju knjige. Posebno se zahvaljujem Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je obezbedilo sredstva za štampanje knjige u okviru projekta “Adaptacija master studija geoinformatike u skladu sa savremenim potrebama privrede i tržišta rada”.

Srećno!

Beograd, decembar 2017.

Autor



1. Algoritmi i programski jezici

Poznata knjiga iz oblasti popularne psihologije, *Put kojim se ređe ide*, autora Skota Peka, počinje rečenicom “Život je težak!”. Verovatno bi se većina složila sa ovim iskazom, ne umanjujući time božansku lepotu i duboki smisao života. Pitajući se zašto je to tako, mnogi bi odgovorili da je to zbog velikog broja problema koji se u životu pojavljuju i koje treba rešavati, često u neželjeno vreme i pod ograničavajućim okolnostima. Uspešno rešavanje različitih problema koji se pojavljuju na životnom putu čini život tako očaravajućim iskustvom i vodi ka duhovnom i materijalnom napretku. U nauci i inženjerskim disciplinama, bez izuzetka, rešavanje problema je u osnovi svake uspešne aktivnosti. Ova knjiga bavi se izučavanjem osnovnih metoda programiranja za različite inženjerske potrebe. U tu svrhu izučava se programski jezik Pajton¹, ali se naglasak, pored jezika, stavlja na puteve rešavanja problema uz pomoć kreativnog razmišljanja.

1.1 Programiranje i svet oko nas

Programiranje predstavlja moćan alat kojim se, putem računara, modeluje kako realni, tako i kreira virtuelni svet. U tu svrhu razmatra se kontekst ove mlade, ali dinamične i sveprisutne naučne discipline.

¹ Engl. *Python*.