Sanja Vujnović

Matlab i Simulink

u obradi signala i upravljanju sistemima

Akademska misao
Beograd, 2024.

Sanja Vujnović

MATLAB I SIMULINK U OBRADI SIGNALA I UPRAVLJANJU SISTEMIMA

Recenzenti
Dr Željko Đurović
Dr Aleksandra Krstić

Izdavač
Akademska misao, Beograd

Dizajn naslovne strane
Boris Popović

Štampa
Akademska misao, Beograd

Tiraž
200 primeraka

ISBN 978-86-6200-022-4

Mesto i godina izdanja: Beograd, 2024.

NAPOMENA: Fotokopiranje ili umnožavanje na bilo koji način ili ponovno objavljivanje ove knjige – u celini ili u delovima - nije dozvoljeno bez prethodne izričite saglasnosti i pismenog odobrenja izdavača.

Sadržaj

1. Uvod u Matlab 1
   1.1. Korisnički prikaz 1
   1.2. Matlab kao kalkulator 2
   1.3. Brojevi i formati u Matlabu 3
   1.4. Matematičke funkcije 5
   1.5. Promenljive 7
   1.6. Strukture podataka 9
   1.7. Manipulacije vektorima i matricama 13
   1.8. Relacioni i logički operatori 16
   1.9. Korisne komande 18
   1.10. Matlab programi 19
   1.11. Matlab funkcije 22
   1.12. Čuvanje i čitanje podataka 23
   1.13. Uslovne strukture i petlje 24
      1.13.1. `if` struktura 24
      1.13.2. `for` petlja 25
      1.13.3. `while` petlja 27
      1.13.4. `switch` struktura 27
   1.14. Crtanje signala 28
      1.14.1. `stem` naredba 28
      1.14.2. `plot` naredba 30
      1.14.3. Obeležavanje grafika 32
      1.14.4. Menjanje boje i vrste linija 33
      1.14.5. Crtanje više grafika u istom kodu 35
      1.14.6. Crtanje više signala u jednom prozoru 36
      1.14.7. `subplot` naredba 39
      1.14.8. Crtanje trodimenzionalnih signala 40
   1.15. Zadaci za vežbu 42
2. Simbolička izračunavanja 46
   2.1. Simbolički podaci 46
   2.2. Simboličke funkcije 47
   2.3. Diferenciranje simboličkih funkcija 50
   2.4. Integracija simboličkih funkcija 51
   2.5. Granične vrednosti simboličkih funkcija 53
   2.6. Rešavanje algebarskih jednačina i sistema jednačina 54
   2.7. Zadaci za vežbu 57
3. Numerički račun 59
   3.1. Pokazivači na funkcije 59
   3.2. Određivanje nula funkcije 61
   3.3. Minimizacija funkcije 63
   3.4 Numerička integracija 67
   3.5. Rešavanje običnih diferencijalnih jednačina 68
   3.6. Zadaci za vežbu 71

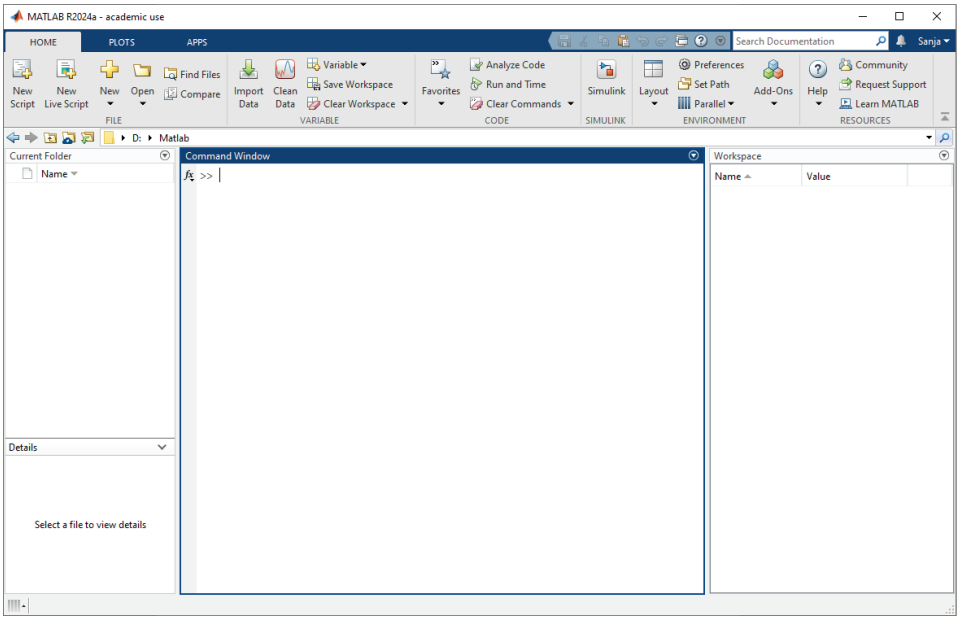
4. Simulink 72
4.1. Pokretanje Simulinka 72
4.2. Osnovni elementi 72
4.3. Pravljenje Simulink programa 75
4.4. Komunikacija sa radnim prostorom Matlaba 78
4.5. Podsistemi 82
4.6. Složene funkcije unutar Simulinka 83
4.7. Promena parametara simulacije 84
4.8. Odabiranje signala 86
4.9. Zadaci za vežbu 87
5. Preuzimanje podataka 89
5.1. Tekstualni fajlovi 89
5.2. Tabele 90
5.3. Audio fajlovi 91
5.4. Zadaci za vežbu 93
Literatura 94

1. Uvod u Matlab

Programski paket Matlab (skraćeno od *MATrix LABoratory*) je matematičko i simulaciono okruženje koje omogućava matematičke proračune, razvijanje algoritama, simuliranje i analizu procesa, obradu podataka, vizuelizaciju, a sve to kroz interaktivan i programski rad. Kompanija MathWorks objavljuje svake godine po dve nove verzije ovog programskog alata, sa nazivima ‘a’ i ‘b’. Ovaj udžbenik koristi poslednju verziju u trenutku objavljivanja, a to je R2024a.

1.1. Korisnički prikaz

Pokretanjem Matlab softvera otvara se prozor koji liči na prikaz slike 1.1. Interaktivan rad se postiže zadavanjem naredbi iz komandnog prozora (*Command Window*). Na taj način se naredbe izvršavaju odmah nakon pritiska ENTER tastera. Prethodne naredbe se mogu ponoviti pritiskom na strelicu na gore (↑). U cilju ubrzavanja pretrage, moguće je otkucati početna slova tražene naredbe. Iznad komandnog prozora je putanja foldera koji trenutno vidi Matlab. U tom folderu će se čuvati svi podaci (osim ako drugačije nije naznačeno), a njegova lokacija se menja kroz meni sa leve strane. Prikaz trenutnog sadržaja foldera se nalazi levo od komandnog foldera (*Current Folder*), a spisak promenljivih koje su trenutno definisane nalazi se sa desne strane u radnom prostoru (*Workspace*).



Slika 1.1. Inicijalni prozor u Matlabu.

Gornji deo ekrana koji se vidi na slici 1.1. predstavlja elemente u okviru *HOME* opcije prikaza. To je mesto gde mogu da se čuvaju fajlovi, otvaraju datoteke i skripte, da se menja prikaz glavnog prozora (opcijom *Layout*), da se menjaju podrazumevani parametri ovog programskog paketa (*Preferences*), kao i da se instaliraju dodatne funkcionalnosti (*Add-Ons*) i da se pristupa korisničkoj dokumentaciji (*Help*). Osim *HOME* opcije, postoje i *PLOTS* i *APPS* segmenti u meniju. Oni predstavljaju naprednije alate koji se mogu koristiti za različite vizuelne reprezentacije podataka, kao i za korišćenje ugrađenih funkcije koje se, na osnovu namene, mogu grupisati u određene klase, koje se nazivaju *Toolbox*-ovi (*Signal Processing*, *Control Systems*, *Filter Design*,...).

1.2. Matlab kao kalkulator

Matlab može direktno da izračunava složene aritmetičke operacije direktnim unošenjem matematičkih izraza u komandni prozor. Operacije kao što su sabiranje, oduzimanje, množenje, deljenje, stepenovanje i grupisanje zagradama, unose se baš kao što bi se unele u običan kalkulator. Odmah pored znaka `>>` na komandnom prozoru nalazi se komandna linija. Potrebno je na nju uneti izraz koji želimo da izračunamo i, pritiskom na taster ENTER, generiše se rezultat, kao na primer:

```
>> 2+3/4*5

ans =
    5.7500
```

Standardne matematičke operacije definišu se simbolima univerzalnim u svim programskim jezicima (`+`, `-`, `*`, `/`, `^`). Izraz se izračunava u skladu sa prioritetima. Najpre se računa izraz u zagradama, zatim množenje i deljenje koje se računa sa leva na desno, i konačno sabiranje i oduzimanje koje se računa sa leva na desno. Takođe, vrednost poslednjeg izračunatog izraza koji nije eksplicitno dodeljen nekoj promenljivoj se čuva u automatski kreiranu promenljivu `ans`. Ona se kasnije može koristiti u računu:

```
>> ans*(9-6)/3^2

ans =
    1.9167
```

Osim standardnih matematičkih operacija, Matlab ima i komande koje su uvedene zarad vektorskih operacija, ali mogu da se koriste i u skalarnom slučaju. Probajmo da unesemo u komandnu liniju sledeće naredbe:

```
>> 3\52
>> 5.*7
>> 4.^3
```

Operacija '\' predstavlja deljenje sa leve strane (dakle, sa leve strane operacije je element koji je ispod razlomačke crte, a sa desne strane element koji je iznad razlomačke crte). Dakle, komanda ekvivalentna prvoj u primeru iznad je "52/3". Druge dve naredbe liče na množenje i stepenovanje, ali imaju tačku ispred operacije. U skalarnom slučaju ova tačka ne utiče na rezultat, tako da su te dve naredbe ekvivalentne komandama "5*7" i "4^3". U slučaju da se operacije množenja i stepenovanja koriste za matrice, ova tačka će značajno uticati na rezultat, ali o tome će biti reči kasnije u ovom poglavlju.

Primer 1.1.
Izračunati prosečnu ocenu studenata na predmetu Praktikum iz softverskih alata, ako je 8 studenata dobilo ocenu 10, 4 studenta je dobilo ocenu 9, a 2 studenta su dobila ocenu 8.

Rešenje:

```
>>  (8*10+4*9+2*8)/(8+4+2)

ans =
    9.4286
```

1.3. Brojevi i formati u Matlabu

Matlab podržava rad sa realnim, celobrojnim, kompleksnim brojevima. Postoje i specijalne vrste brojeva, kao što su `NaN` (*Not a Number*) i `Inf` (beskonačno, na primer prilikom deljenja sa nulom).

```
>> 0/0

ans =
   NaN

>> 2/0

ans =
   Inf
```

Osim toga Matlab zna i za standardne konstantne koje se koriste u matematici i inženjerstvu, kao što su broj π (označen kao `pi`), zatim imaginarni broj i (u oznaci `i` ili `j`), kao i prirodni eksponent e (izraz e^x se dobije naredbom `exp(x)`, tako da se vrednost prirodnog eksponenta može dobiti naredbom `exp(1)`).

```
>> pi

ans =
    3.1416
```

```
>> 3+2*j

ans =
3.0000 + 2.0000i

>> exp(1)

ans =
    2.7183
```

Kao što se može videti iz prethodnih primera, standardni zapis brojeva u Matlabu je u formi decimalnog broj sa 4 cifre iza decimalne tačke, iako sam Matlab ove brojeve pamti sa znatno većom tačnošću. Korišćenjem funkcije `format` možemo uticati na način na koji se ovi brojevi ispisuju (na primer, ako želimo da se broj ispiše sa većom tačnošću ili u formi razlomka). Pretpostavljeni tip ispisa je `short`.

```
>> format short
>> 20/22

ans =
    0.9091

>> format long
>> 20/22

ans =
   0.909090909090909

>> format rat
>> 20/22

ans =
      10/11
```

U slučaju da broj koji se definiše ne može da se zapiše sa zadatom tačnošću, Matlab automatski prelazi u matematički zapis broja pomoću eksponenta. Na primer broj 10^{-9} će biti zapisan kao:

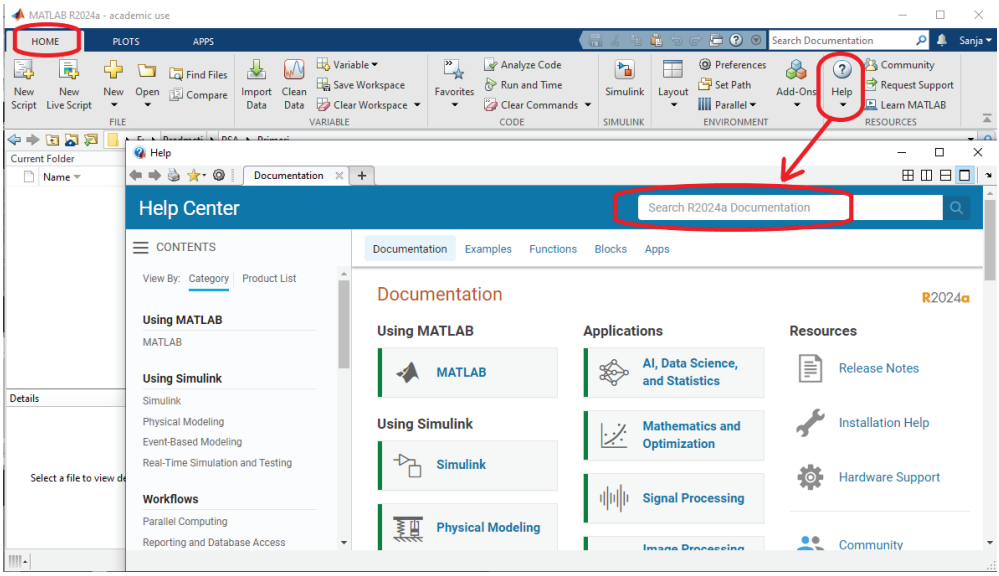
```
>> 10^-9

ans =
   1.0000e-09
```

Naredba `format`, kao i mnoge druge naredbe u Matlabu, mogu se koristiti na mnogo više načina nego što je opisano u ovom poglavlju. Ako je potrebno nešto specifično da se definiše, najbolje je pogledati *Help* dokumentaciju Matlaba. To se može uraditi ili tako što se u komandnom prozoru unese rezervisana reč `help`, pa iza nje naziv funkcije, ili tako što se u zasebnom *Help* prozoru unese ime željene funkcije, kao što prikazano na slici 1.2.

```
>> help format
 format Set output display format.
    fmt = format returns the current display format.

    format style changes the output display format. For a
description of
    possible values for style, see details below. …
```



Slika 1.2. Pretraga funkcija u *Help*-u.

1.4. Matematičke funkcije

Kao alat namenjen prevashodno inženjerima i naučnicima, Matlab ima pregršt ugrađenih funkcija koje rešavaju čitav dijapazon različitih matematičkih problema. Što se osnovnih matematičkih funkcija tiče, sve neophodne trigonometrijske funkcije su već ugrađene. Spisak najčešće korišćenih može se videti u tabeli 1.1, a primer kako mogu da se pozovu u komandnoj liniji je:

```
>> cos(2)

ans =
   -0.4161

>> sind(30)

ans =
    0.5000
```