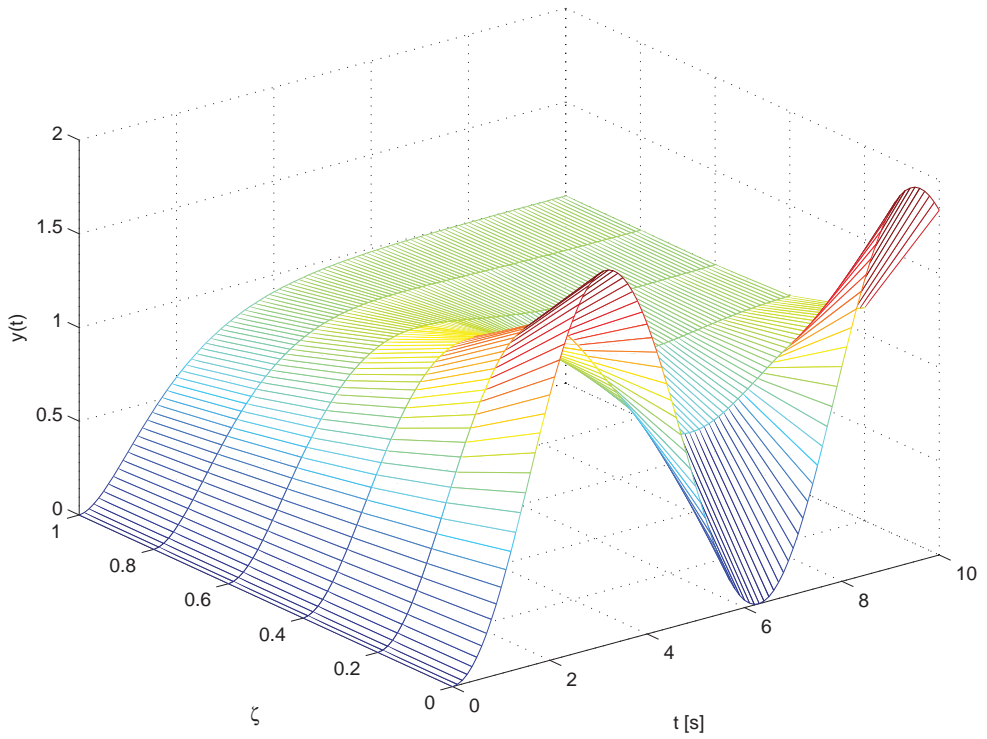


Драган В. Лазић
Милан Р. Ристановић

УВОД У МАТЛАБ®



ISBN 86-7083-752-8



9 788670 837522



УВОД У МАТЛАВ®

Драган В. Лазић • Милан Р. Ристановић

Универзитет у Београду • Машински факултет

Др Драган В. Лазић, дипл.инж.маш.,
редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду

Др Милан Р. Ристановић, дипл.инж.маш.,
доцент Машинског факултета Универзитета у Београду

УВОД У МАТЛАБ

II издање

Рецензенти:

- В.проф. др Михаило Јовановић, дипл.инж.маш.,
University of Minnesota, Department of Electrical & Computer Engineering
- В.проф. др Жарко Ђојбашић, дипл.инж.маш.,
Машински факултет Универзитета у Нишу

Издавач:

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
11120 Београд 35, Краљице Марије 16,
телефон: 011 3370 350 и 3302 384, факс: 011 3370 364

За издавача:

Декан проф. др Милорад Милованчевић
Главни и одговорни уредник:
Проф. др Александар Обрадовић
Одобрено за штампу одлуком декана Машинског факултета у Београду
бр. 199/12 од 10.02.2012. године

Штампа:

PLANETA *print*
11000 Београд, Рузвелтова 10,
телефон: 011 3088 129

Тираж: 500 примерака
ISBN 978-86-7083-752-2

Copyright © 2012. Сва права задржавају издавач и аутори.
Забрањено прештампавање и умножавање.

Предговор другом издању

У већем делу текста из првог издања нису вршене знатније измене. Битније измене и проширења су садржана у 8. поглављу, које третира алате који се користе у аутоматском управљању. Опис програмског пакета Симулинк је одвојен у посебно поглавље. Проширења обухватају усаглашавање са наставним планом и програмом предмета Основе аутоматског управљања, Аутоматско управљање и Програмирање у аутоматском управљању који се изводе на Машинском факултету Универзитета у Београду, за које је ова књига предвиђена као подршка предавањима и вежбањима.

У Београду, фебруара 2012.

Аутори

Предговор

Материјал приказан у овој књизи је осмишљен да уведе читаоца у основне појмове у Матлабу и учини их разумљивим, како би се стекла потребна основна знања за решавање инжењерских проблема. Кроз низ једноставних примера читалац се наводи да се осамостаљује да би наставио да индивидуално, кроз решавање конкретних проблема, истражује могућности Матлаба.

Првих седам поглавља се односе на Матлаб у општем смислу, тако да могу да их користе студенти и инжењери који се први пут срећу са Матлабом. Прва глава уводи читаоца у окружење у којем се ради са Матлабом. Показује се како од првог тренутка користити Матлаб као софистицирани калкулатор. У другој глави се објашњава рад са матрицама и векторима као основном правилног разумевања и дружења са Матлабом. Пажљиво су бирани примери како би се истакле специфичности и предности Матлаба као моћног алата за рад са матрицама. Такође је дат и кратак извод из матричног рачуна. Трећа глава објашњава манипулацију улазно-излазним подацима. У четвртој глави се обрађују основни елементи за структурирано писање сложенијих програма. Пета глава објашњава како се у Матлабу пишу функције или потпрограми. Обзиром да је Матлаб стекао популарност управо због великог броја уграђених функција, кроз примере је илустровано неколико најчешће коришћених. Обзиром да Матлаб интегрише прорачуне са визуелизацијом, шеста и седма глава третирају обраду дво- и тродимензионалних дијаграма.

Првих седам поглавља је тако конципирано, да читалац почиње да влада Матлабом упоредо са преласком градива, тако да ова књига може да послужи као помоћни уџбеник за предмет *Рачунарски алати* који се предаје студентима у другом семестру основних студија на Машинском факултета у Београду.

Последња глава садржи део могућности пакета Матлаба који се користи за анализу и синтезу система аутоматског управљања, и представља логичан наставак претходних поглавља. Настао је као подршка предавањима и вежбама из предмета *Аутоматско управљање* и *Основе аутоматског управљања* који се изводе на вишим годинама студија на Машинском факултету у Београду. Осим извода из теорије, стављен је акценат на практично решавање проблема, тако да програме дате у овој глави могу да користе и инжењери који се баве практичним проблемима из области аутоматике. У додацима су дати кодови програма писаних у Матлабу.

Садржај

1	Увод	1
1.1	Шта је то Матлаб	1
1.2	Како се користи Матлаб	1
1.3	Рад са променљивама	2
1.4	Рад у командном прозору	3
2	Матлаб и матрице	5
2.1	Матрице	5
2.2	Вектори	7
2.3	Манипулисање матрицама и векторима	9
2.4	Операције над матрицама и векторима	13
3	Улаз/излаз података	19
3.1	Улазно/излазне датотеке	19
3.2	Стрингови	20
3.3	Унос података са тастатуре	21
4	Контрола тока програма	23
4.1	Увод	23
4.2	While петља	23
4.3	For петља	24
4.4	If наредба	25
4.5	Наредбе break и continue	26
4.6	Наредба switch	26
5	Функције	29
5.1	Увод	29
5.2	Функцијска датотека	29
5.2.1	Повратна вредност функције	30

5.2.2	Посебни случајеви	32
5.2.3	Inline	32
5.2.4	Функција функције (feval)	33
5.3	Примери неких од често коришћених функција	39
5.3.1	1-Д интерполација	39
5.3.2	Фитовање података полиномима	41
6	2Д графика	43
6.1	Увод	43
6.2	Креирање 2Д дијаграма	44
6.2.1	Цртање тачке	44
6.2.2	Цртање дужи	44
6.2.3	Цртање кружнице	45
6.2.4	Фамилија функција	45
6.2.5	Више функција на једној слици	46
6.3	Графичка обрада слика	47
7	3Д графика	51
7.1	Линије у 3Д	51
7.2	Површи	51
8	Control Systems Toolbox	55
8.1	Увод	55
8.2	Приказивање система у Матлабу	55
8.2.1	Модел у простору стања	56
8.2.2	Преносна функција	57
8.2.3	Нуле, полови и појачања	59
8.2.4	Растављање рационалних функција	59
8.2.5	Превођење из једног облика модела у други	60
8.3	Одређивање одзива система	60
8.4	ПИД регулатор	67
8.4.1	Неуправљани објект	70
8.4.2	Објект управљан П регулатором	71
8.4.3	Објект управљан ПД регулатором	74
8.4.4	Објект управљан ПИ регулатором	76
8.4.5	Објект управљан ПИД регулатором	78
8.5	Одређивање импулсног одзива	82
8.5.1	Идентификација преносне функције на основу експериментално одређеног импулсног одзива	83

8.6	Стабилност	85
8.7	Учестаносни критеријуми стабилности	92
8.7.1	Експериментално одређивање учестаносне карактери- стике система	92
8.7.2	Показатељи квалитета рада система у учестаносном домену	103
9	SIMULINK	111
9.1	Покретање система	111
9.2	Библиотеке блокова	111
9.3	Креирање модела	112
9.4	Подешавање параметара симулације	116
9.5	Покретање/заустављање симулације	117
10	Прилози	119
10.1	Прилог А	119
10.2	Прилог Б	129
10.3	Прилог В	133
	Литература	137
	Индекс	139

Списак слика

5.1	Јединични одскочни одзив система другог реда.	36
5.2	Јединични одскочни одзив система другог реда за различите вредности ζ	37
5.3	Одређивање вредности осенчене површине.	38
5.4	1-Д интерполација.	40
5.5	Фитовање полиномом петог, шестог и седмог реда.	41
6.1	Концентричне кружнице.	45
6.2	Фамилија одзива система првог реда.	46
6.3	Одзив и први извод одзива система првог реда.	47
6.4	Одзив и први извод одзива система првог реда са графичком опремом слике.	48
7.1	Хеликс.	52
7.2	Површ нацртана функцијом <code>mesh</code>	52
7.3	Површ нацртана функцијом <code>surf</code>	53
7.4	Површ нацртана функцијама <code>surf</code> , <code>shading</code> и <code>colorbar</code>	53
7.5	Одзив система другог реда приказан у три димензије.	54
8.1	Јединична одскочна функција (Хевисајдова функција).	61
8.2	Јединични одскочни одзив система.	61
8.3	Одскочна функција.	62
8.4	Функције $\frac{1}{\alpha}h(t)$ и $-\frac{1}{\alpha}h(t - \alpha)$ и њихов алгебарски збир.	63
8.5	Диракова функција $\delta(t)$ и јединични импулсни одзив $i(t)$	64
8.6	Трајекторија стања кроз $\mathbf{x}_0 = (-0,5 \ -0,5)^T$	65
8.7	Лик стања система другог реда.	65
8.8	Прелазна функција објекта.	66
8.9	Општи структурни дијаграм ЗСАУ (CAP).	68
8.10	Објект: маса са опругом и пригушењем.	69
8.11	Јединични одскочни одзив неуправљаног објекта.	70

8.12	САР са П регулатором.	71
8.13	Прелазна функција објекта управљаног П регулатором.	73
8.14	Прелазна функција објекта управљаног П регулатором.	73
8.15	САР са ПД регулатором.	74
8.16	Прелазна функција објекта управљаног ПД регулатором.	75
8.17	САР са ПИ регулатором.	76
8.18	Утицај K_I на прелазну функцију објекта.	77
8.19	Прелазна функција објекта у функцији параметра K_I	77
8.20	Прелазна функција објекта управљаног ПИ регулатором.	78
8.21	САР са ПИД регулатором.	79
8.22	Прелазна функција објекта управљаног ПИД регулатором.	81
8.23	Распоред нула и полова преносне функције САР-а у s равни.	81
8.24	Импулсни одзив система.	83
8.25	Почетак идентификације преносне функције.	85
8.26	Крај идентификације преносне функције.	85
8.27	Блок дијаграм САР-а.	86
8.28	Кретања у слободном радном режиму.	89
8.29	Одзив у слободном радном режиму.	89
8.30	Кретања у принудном радном режиму.	90
8.31	Одзив у принудном радном режиму.	90
8.32	Кретање и одзив САР-а при $u(t) = e^{2t} \sin 7t$	91
8.33	Синусни улаз и одзив система.	92
8.34	Синусни улаз и одзив система после тренутка T	93
8.35	Логаритамска учестаносна карактеристика Notch филтра.	95
8.36	Синусни улаз и одзив без Notch филтра.	95
8.37	Синусни улаз и одзив који је пропуштен кроз Notch филтер.	96
8.38	Синусни улаз и одзив при $\omega = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	97
8.39	Синусни улаз и одзив при $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	98
8.40	Синусни улаз и одзив при $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	98
8.41	Логаритамска амплитудна учестаносна карактеристика.	99
8.42	Логаритамска фазна учестаносна карактеристика.	100
8.43	Бодеов дијаграм.	102
8.44	Најквистов дијаграм.	102
8.45	Амплитудна учестаносна карактеристика система.	103
8.46	Логаритамска учестаносна карактеристика $20 \log F_{ok}(j\omega)$	105
8.47	Учестаносна карактеристика $F_{ok}(j\omega)$	106
8.48	Илустрација претека фазе и претека појачања система.	109

9.1	Покретање Симулинка кликом на икону.	112
9.2	Претраживач Симулинк библиотека.	113
9.3	Уметање блока преносне функције у прозор за моделовање. . .	114
9.4	Унос параметера преносне функције.	114
9.5	Повезивање блокова модела у Симулинку.	115
9.6	Симулинк модел система.	116
9.7	Прозор за подешавање параметара симулације.	117
9.8	Дијаграм резултата симулације.	118
10.1	Елементарни Бодеоу дијаграму.	120
10.2	Збирни Бодеоу дијаграму.	121
10.3	Најквистов дијаграму.	129