

OSNOVE AVTOMATSKEGA VODENJA

**Juš Kocijan
Stanko Strmčnik**



Založba Univerze v Novi Gorici

2016

Naslov dela: Osnove avtomatskega vodenja

Avtorja: Prof. dr. Juš Kocijan
Prof. dr. Stanko Strmčnik

Recenzenta: Izr. prof. dr. Marjan Golob
Prof. dr. Gašper Mušič

Lektorirala: Anja Mugerli

Založnik: Založba Univerze v Novi Gorici, Vipavska 13, Rožna dolina, Nova Gorica
Oblikovanje

ovoja: A-media d. o. o.

Tisk: Birografika Bori d.o.o.

Naklada: 100

Leto izida: 2016

ISBN 978-961-6311-94-6

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

62-52(078.5)

681.5(075.8)

KOCIJAN, Juš

Osnove avtomatskega vodenja / Juš Kocijan, Stanko Strmčnik. - V
Novi Gorici : Založba Univerze, 2016

ISBN 978-961-6311-94-6

1. Strmčnik, Stanko

Predgovor

Učbenik Osnove avtomatskega vodenja je bil napisan za študij predmeta Osnove avtomatskega vodenja na prvi stopnji programa Gospodarski inženiring Poslovno-tehniške fakultete na Univerzi v Novi Gorici. Njegova uporabnost in namen pa segata širše, saj je namenjen ne le bodočim gospodarskim inženirjem, ampak vsem bralcem, ki ne prihajajo s področij, kjer se podrobneje obravnava avtomatsko vodenje. Osnove avtomatskega vodenja so enciklopedičen pregled področja avtomatskega vodenja in bralca naučijo, kaj lahko pričakuje in zahteva od takega sistema.

Vsebina je pripravljena z mislijo, da bralcu niso znane tehnične podrobnosti in tehnologija, ki se uporablja za načrtovanje in gradnjo sistemov avtomatskega vodenja, se pa pri svojem delu ali vsakdanjih aktivnostih z avtomatskim vodenjem srečuje in ga uporablja.

Poglavja vsebujejo določene elemente, ki naj bi pripomogli k lažjemu obvladovanju precej obsežne snovi. Vsako poglavje se prične s kratko obrazložitvijo v sivem okvirčku, ki našteje, katere snovi bodo v poglavju obravnavane. Razlage, ki so lahko tudi bolj tehnične, pa niso nujno potrebne za obvladovanje snovi, so opisane v odebeljenem okvirčku. Literatura, ki je služila kot vir ali pa kot literatura za nadaljnje branje, je naštetna v podpoglavju Nadgrajevanje znanja. Pri naštevanju literature sva skušala pretežno uporabljati vire, ki so splošno dostopni na spletu ali v knjižnici Univerze v Novi Gorici. V učbeniku je več primerov za prikaz opisanih metod. Na koncu večine poglavij so zbrane naloge, ki bodo pomagale pri utrjevanju snovi, in pri večini od njih lahko bralec preveri svojo rešitev ter jo primerja s tisto v učbeniku.

Avtorja bi se rada zahvalila sodelavcem na Poslovno-tehniški fakulteti Univerze v Novi Gorici in sodelavcem na Odseku za sisteme in vodenje na Inštitutu Jožef Stefan, ki so s svojimi nasveti prispevali h končni vsebini dela.

Posebej se zahvaljujeva Gregorju Dolancu, ki je prispeval primer regulacije reaktorja WGS, in Miroslavu Štrublju, ki je knjigo grafično oblikoval.

Kazalo

1	Uvod	1
1.1	Kaj je vodenje in zakaj je pomembno?	1
1.2	Kakšne so značilnosti vodenja?	2
1.3	Kdo izvaja vodenje?	3
1.4	Kje se vodenje uporablja?	3
1.5	Izrazi, povezani z vodenjem	5
2	Splošni koncepti	7
2.1	Sistemi in procesi	7
2.1.1	Sistemi	8
2.1.2	Procesi	12
2.1.3	Načini predstavitve sistemov in procesov	14
2.1.4	Dinamika, diferencialna in diferenčna enačba, časovni odziv	23
2.2	Teorija sistemov	29
2.3	Osnovni pojmi o vodenju	40
2.3.1	Vhodi, izhodi, motnje in cilji vodenja	40
2.3.2	Principi vodenja	43
2.3.3	Univerzalni mehanizem procesa vodenja	48
2.4	Širši pogled na vodenje	52
2.4.1	Univerzalnost principa povratne zanke	52
2.4.2	Kibernetika	54

2.4.3	Teorija vodenja	55
2.4.4	Avtomatika (avtomatsko vodenje)	56
2.4.5	Zgodovinski razvoj področja	56
2.5	Načrtovalski principi	60
2.5.1	Osnovni pojmi o načrtovanju	61
2.5.2	Načini načrtovanja (redukcionizem, ekspanzionizem)	63
2.6	Značilnosti načrtovanja	65
2.7	Sistemska inženirstvo	67
2.7.1	Osnovni pojmi o kompleksnosti	67
2.7.2	Nastanek in definicije systemskega inženirstva	69
2.7.3	Značilnosti systemskega inženirstva	71
2.7.4	Koristi in način uporabe systemskega inženirstva	77
2.8	Naloge	79
3	Načrtovalski pogled na sisteme za vodenje	83
3.1	Namen sistemov za vodenje	84
3.2	Funkcije sistemov za vodenje	88
3.2.1	Funkcije opazovanja	89
3.2.2	Funkcije razmišljanja in odločanja	91
3.2.3	Funkcije ukrepanja	93
3.3	Mehanizmi sistemov za vodenje	97
3.3.1	Mehanizmi opazovanja	98
3.3.2	Mehanizmi razmišljanja in odločanja	101
3.3.3	Mehanizmi ukrepanja	106
3.4	Struktura sistemov za vodenje	106
3.5	Naloge	109

KAZALO

4	Signali	111
4.1	Vrste signalov	111
4.2	Oblike signalov	113
4.3	Operacije s signali	117
4.4	Naloge	122
5	Logično vodenje	133
5.1	Osnove načrtovanja logičnega vodenja	133
5.2	Naloge	150
6	Sekvenčno vodenje	161
6.1	Osnove načrtovanja sekvenčnega vodenja	161
6.2	Naloge	175
7	Modeliranje in simulacija zveznih dinamičnih sistemov	207
7.1	Model in modeliranje	207
7.2	Teoretično modeliranje	219
7.3	Eksperimentalno modeliranje	228
7.4	Kombinirano modeliranje	237
7.5	Simulacija dinamičnih sistemov	238
7.6	Naloge	252
8	Načrtovanje vodenja zveznih dinamičnih sistemov	275
8.1	Zaprtozančni sistemi	275
8.2	Regulatorji	280
8.2.1	Večpoložajni regulatorji	282
8.2.2	Zvezni regulatorji	283
8.3	Nastavljanje parametrov proporcionalno-integrirno-diferencirnih regulatorjev	289
8.4	Večzančni regulacijski sistemi	300
8.5	Drugi principi vodenja	304
8.6	Naloge	308

9	Gradniki sistemov vodenja	327
9.1	Merilni sistemi	328
9.2	Izvršni sistemi	336
9.3	Krmilniki in industrijski regulatorji	341
9.3.1	Krmilniki	341
9.3.2	Industrijski regulatorji	343
9.4	Signali v sistemih za vodenje	346
9.5	Naloge	350
10	Višji nivoji vodenja	351
10.1	Računalniško podprta proizvodnja	351
10.2	Poslovni nivo vodenja	355
10.3	Proizvodni nivo vodenja	356
10.4	Procesni nivo vodenja	360
10.5	SCADA	366
11	Življenjski cikel sistemov za vodenje	375
11.1	Splošno o življenjskem ciklu	375
11.2	Opredelitev zahtev (konceptualno načrtovanje)	378
11.3	Specifikacije (preliminarno načrtovanje)	385
11.4	Načrtovanje (podrobno načrtovanje)	390
11.5	Izvedba (izgradnja)	393
11.6	Zagon in uvajanje	397
11.7	Obratovanje	401
11.8	Upokožitev	403
12	Netehniški vidiki sistemov za vodenje	405
12.1	Negativni učinki uvajanja sistemov za vodenje in avtomatizacije	406
12.2	Faktorji uspešnosti pri uvajanju sistemov za vodenje	410

KAZALO

Dodatek	435
A Grške črke	435
B Odvodi nekaterih elementarnih funkcij	439
C Integrali nekaterih elementarnih funkcij	443
D Programski paket ScicosLab	447
D.1 ScicosLab	449
D.2 Scicos	455

Stvarno kazalo

- adaptivna regulacija, 305
- adaptivnost, 55
- aktivnosti, 75, 376
 - delovanja, 376
 - razvojne, 376
 - upravljanja, 376
 - vodenja, 376
- aktuator, 336
- algebrska enačba, 24
- alokacija funkcij, 386
- amplituda signala, 114
- analiza, 62
 - obstoječega stanja, 379
- analiza potreb, 378
- analogija, 38
- analogni računalniki, 37
- antropometrija, 423
- aplikativna programska oprema, 383
- avtomatika, 5, 56
- avtomatizacija, 5
- avtomatsko vodenje, 1, 5

- besedni opis, 15
- binomski koeficient, 230
- bločni diagram, 20
- Boolova algebra, 138

- celostna rač. podprta proizvodnja, 351
- celostni pristop, 71
- cilj
 - investicije, 379
 - vodenja, 40

- čas vzorčenja, 104
- časovni odziv, 215
- časovno pogojeno vodenje, 101
- čiščenje odpadnih voda, 4
- človek, 106, 108

- definicija
 - problema, 379
 - sistemskega inženirstva, 69
- delovna točka, 278
- deviacijski model, 278
- diagnostika, 403
- diagram poteka, 165
- diferenčna enačba, 27, 103
- diferencialna enačba, 26, 103
- dinamični sistem, 13, 23, 28, 40
- dinamika, 23
- diskretni čas, 27
- dogodkovno pogojeno vodenje, 101
- dokazovanje kakovosti, 384
- družbeno okolje, 425

- ekspanzionizem, 63
- eksperimentalno modeliranje, 228
- električna inštalacija, 397
- elektro projekt, 396
- enoračunalniški sistem, 353
- entitetni diagram, 21

- faktor uspešnosti, 411
- faza, 75, 376
 - signala, 114
- fizične omejitve, 104
- formalizacija problema, 62
- fotografija, 14
- frekvenčni odziv, 215
- funkcija, 61, 83
- funkcije sistemov za vodenje, 88
- funkcijski bločni diagram, 162
- funkcionalne zahteve, 379, 385
- funkcionalno prilagajanje, 398
- funkcionalno vzdrževanje, 402
- funkcionalnost sistema, 401

- gospodinjski aparati, 4

-
- gradbeni projekt, 396
- hišni pripomočki, 4
- hibridno vodenje, 93, 306
- hidravlični sistem, 338
- histereza, 282
- hladni preizkus, 397
- homeostaza, 52
- identifikacija, 228
- IEC 61131, 162
- indirektna metoda, 240
- industrijski Ethernet, 365
- industrijski regulator, 343
- industrijsko omrežje, 362
- informacijska tehnologija, 2
- instrumenti v znanosti, 5
- integracija podsistemov, 394
- integracija, preizkušanje in zagon, 397
- interdisciplinarnost, 71
- intervencijsko vzdrževanje, 402
- izbira režima obratovanja, 91
- izboljšanje kakovosti, 87
- izdelčna industrija, 3
- izdelava, 393
- izgradnja sistemov, 60
- izhod, 8
- izvedba – izgradnja, 393
- izvedba izkoriščanja, 62
- izvršni sistem, 106, 107, 336
- Karnaughov diagram, 139
- kaskadna regulacija, 301
- kibernetika, 6, 37, 54
- kodiranje, 393
- kombinirano modeliranje, 237
- kombinirano sekvenčno vodenje, 102
- kompensacija motnje, 47
- kompleksnost, 39, 67
- komunikacijski protokol, 361
- komunikacijski sistem, 106, 107
- končni izvršni člen, 336
- koncept življenjskega cikla, 72
- konceptualno načrtovanje, 378
- kriterij kakovosti, 49
- kriterijska funkcija, 304
- krmiljenje, 6, 44, 276, 341
- krmiljenje z upoštevanjem motnje, 44, 46, 301
- krmilni vhodi, 40
- krmilnik, 341
- krožna frekvenca signala, 114
- lestvični diagram, 162
- linearni življenjski cikel, 375
- logično vodenje, 133
- maketa, 14
- matematični model, 16, 23, 55, 99, 210
- medicina, 5
- mehanizem, 61, 83
- opazovanja, 98
- ukrepanja, 106
- mehki regulator, 305
- merilni pretvornik, 328
- merilni principi, 98
- merilni sistem, 106, 328
- model, 208
- model OSI, 363
- modeliranje, 208
- montaža, integracija in preizkušanje, 395
- multidisciplinarnost, 71
- multivariabilno vodenje, 304
- način sestavljanja in vgradnje, 383
- načrtovanje, 60, 66
- aplikativne programske opreme, 390
- delovnih mest, 392
- električnih povezav, 391
- elektronskih modulov, 392
- mehanskih delov, 391
- organizacije dela, 393
- podrobno, 390
- nadzorni računalnik, 360
- nadzorni sistem, 366
- namen, 61, 83
- namen sistema za vodenje, 84
- nastavitvena pravila, 289
- neparametrični model, 214
- nihajni preizkus, 293
- nivoji kompleksnosti, 69
- notranje omejitve, 50
-

- obdelava podatkov, 90, 99, 383
- obdelava signalov, 111, 117
- obratovanje, 401
- odkrivanje napak, 100
- odprtozančno vodenje, 44
- okolje projekta, 379
- omejitve, 50
- opazovanje, 51, 89
- opredelitev zahtev, 378
- optimalna regulacija, 304
- optimalnost, 55
- optimiranje, 91
- optimizacija
 - funkcij, 398
 - parametrov, 398
- optimizacija delovanja, 401
- organiziranost delovnega mesta, 421
- organiziranost projekta, 420
- oskrba z vodo, 4

- parametrični model, 211
- perioda signala, 113
- PID-regulator, 391
- piramida CIM, 351
- pnevmatični sistem, 337
- področno vodilo, 365
- pogrešek, 102
- pokazatelj kakovosti, 281
- porazdeljeni računalniški sistem, 345, 353
- poskusno obratovanje, 399
- poskusno obratovanje in prevzem, 384
- poslovni nivo vodenja, 355
- poslovno omrežje, 361
- potrošniška elektronika, 4
- povečanje proizvodnje, 84
- povratna zanka, 47
- povratnozančni princip, 55, 60, 102
- povratnozančni proces, 77
- pravilnostna tabela, 134
- prediktivna regulacija, 305
- preizkušanje, 393, 394
- preklopna funkcija, 133
- preklopno vezje, 133
- preliminarno načrtovanje, 385
- prenosna funkcija, 212

- preventivno vzdrževanje, 402
- prevzemni preizkus, 398, 399
- prikazovanje, protokoliranje, arhiviranje in posredovanje podatkov, 90
- prilagoditev režima obratovanja, 92
- principi vodenja, 43
- proces, 12
- procesna industrija, 3
- procesna shema, 16
- procesni nivo vodenja, 360
- programirljivi logični krmilnik, 108, 341
- programska oprema, 383
- proizvodna tehnologija, 2
- proizvodni nivo vodenja, 356
- proizvodnja in distribucija električne energije, 4
- promet, 4
- proporcionalni regulator, 284
- proporcionalno-diferencirni regulator, 286
- proporcionalno-integrirni regulator, 285
- proporcionalno-integrirno-diferencirna regulacija, 283
- proporcionalno-integrirno-diferencirni regulator, 287

- računalniške in druge naprave, 106, 108
- racionalizacija energije, 84
- racionalizacija porabe surovin, 86
- razmišljanje in odločanje, 51, 89
- razvojno orodje MES, 359
- razvojno orodje SCADA, 368, 372
- red sistema, 217
- redukcionizem, 63
- regulacija, 44, 47, 60, 92, 102, 275
 - razmerja, 302
 - temperature, 390
- regulacija temperature, 382
- regulacijski ventil, 338
- regulacijsko delovanje, 276
- regulator, 280
- regulirana veličina, 275
- regulirna veličina, 275
- revizija dokumentacije, 400
- risba, 14
- robustnost, 55

-
- Scicos, 455
 - ScicosLab, 449
 - sekvenčni funkcijski diagram, 162
 - sekvenčno vodenje, 92, 101, 133, 161
 - senzor, 328
 - seznam ukazov, 162
 - signal, 111
 - simulacija, 238
 - simulacijska shema, 239
 - simulacijski model, 238
 - simulacijski tek, 238
 - simulator procesa, 394
 - sinergija, 10
 - sinteza, 62
 - sistem, 8
 - sistem MES, 357
 - sistem SCADA, 366
 - sistemska biologija, 5
 - sistemska filozofija, 39
 - sistemska programska oprema, 383
 - sistemsko inženirske zahteve, 383
 - sistemsko inženirstvo, 67, 70
 - skica, 14
 - skrita tehnologija, 2
 - sledenje poti, 42
 - sledenje zaporedju dogodkov, 43
 - sledilno delovanje, 276
 - specifikacije, 385
 - aplikativne programske opreme, 389
 - funkcij, 385
 - merilno-regulacijske opreme, 389
 - organizacije dela, 389
 - računalniške opreme, 389
 - sistemov okolja, 389
 - splošna teorija sistemov, 37
 - spoznavnost, 55
 - sprememba stanja, 41
 - stabilnost, 55
 - stabilnost sistema, 218
 - stanje
 - opreme, 100
 - procesa, 99
 - proizvoda, 101
 - stopnična funkcija, 24
 - strategija za informatizacijo in avtomatizacijo, 412
 - Strejceva metoda, 231
 - strojna oprema, 383
 - strojni projekt, 396
 - struktura, 61, 83
 - procesa vodenja, 51
 - sistema, 386
 - sistemov za vodenje, 106
 - šolanje, 384
 - šolanje uporabnikov, 399
 - tehnični prevzem, 398, 399
 - tehnični proces, 12
 - tehnologija vodenja, 2, 87
 - teoretično modeliranje, 16, 30, 219
 - teorija sistemov, 37, 60
 - teorija vodenja, 37, 55, 60
 - termostat, 343
 - ugotavljanje statusa procesa, opreme in proizvoda, 90
 - ukrepanje, 51, 89
 - univerzalnost povratne zanke, 54
 - upokojitev, 403
 - upravljanje konfiguracije, 384
 - upravljanje s podatki, 383
 - varnostne in ekološke zahteve, 384
 - VDI/VDE, 378
 - večpoložajni regulator, 282
 - večračunalniški sistem, 353
 - vežzančni sistemi, 300
 - Veitchev diagram, 139
 - verbalni model, 15
 - vesoljska tehnika, 5
 - vgradni sistem, 341, 343
 - vgrajeni sistem, 353
 - vhod, 8
 - vmesni proizvodi (rezultati), 75
 - vodenje, 40, 60
 - vodljivost, 55
 - vozila, 4
 - vroči preizkus, 397
 - vrsta sistema, 217
-

STVARNO KAZALO

vseprisotna tehnologija, 2
vzdrževanje, 401
vzdrževanje stanja, 43

zagon in uvajanje, 397
zagotavljanje kakovosti, 384
zahteve, 281
 glede dokumentacije, 383
 glede upravljanja in vodenja projekta,
 384
 po vmesnikih, 382
 za razvoj, zagon in uporabo, 383
zajemanje, pretvorba, predobdelava in pre-
nos podatkov, 89, 98
zakon o ohranitvi energije, 31, 32
zaprtozančno vodenje, 44, 47
zmanjšanje onesnaževanja, 85
zunanje omejitve, 50
zvezni funkcijski diagram, 162
zvezni regulator, 283

živa ničla, 346
življenjski cikel, 71, 73, 375, 376