

OBSAH

1	Předmluva	19
2	Evoluční algoritmy: – nástin	25
2.1	Centrální dogma evolučních výpočetních technik	26
2.2	Chcete vědět víc?	29
3	Historická fakta trochu jinak	31
3.1	Pár zajímavých faktů	32
3.2	Chcete vědět víc?	34
4	Úvod do problematiky optimalizačních algoritmů	35
4.1	Optimalizační a heuristické algoritmy	36
4.2	Současný stav	37
4.2.1	Nástin principů činnosti vybraných algoritmů	41
4.3	No Free Lunch Teorém	44
4.4	Perspektivy a alternativy	45
4.5	Chcete vědět víc?	46
5	Vše nelze spočítat	47
5.1	Prohledávaný prostor a jeho složitost	48
5.2	Fyzikální limity výpočetních technologií	54
5.3	Chcete vědět víc?	58
6	Optimalizace a účelová funkce	59
6.1	Vybrané pojmy z optimalizace	60

6.2	Účelová funkce	63
6.3	Geometrie účelové funkce	63
6.4	Tvorba účelové funkce	66
6.5	Chcete vědět víc?	68

7 Víceúčelová optimalizace a Paretova množina 69

7.1	Paretova množina	70
7.2	Ukázkové příklady	76
7.3	Nastavitelné víceúčelové optimalizační problémy	84
7.4	Chcete vědět víc?	88

8 Vybrané základní pojmy z evolučních algoritmů 89

8.1	Oblasti použitelnosti evolučních algoritmů	90
8.2	Společné rysy	92
8.3	Populace	92
8.4	Jedinci, jejich struktura a reprezentace	96
8.5	Grayův kód	96
8.6	Chcete vědět víc?	99

9 Omezení a ošetření krizových stavů 101

9.1	Formulace problému	102
9.2	Omezení kladená na argumenty účelové funkce	103
9.3	Penalizace funkcí	104
9.4	Práce s celočíselnými a diskrétními hodnotami	105
9.5	Chcete vědět víc?	108

10 Evoluce a složitost 109

10.1	Časová složitost algoritmů	110
10.1.1	Aritmetika časových složitostí	112

10.2	Datové struktury a složitost algoritmů	115
10.2.1	Prüferovo číslo	115
10.2.2	Binární halda	117
10.2.3	Voroného diagram a Delaunayho triangulace	126
10.3	Exaktní metody	130
10.3.1	Dynamické programování	131
10.3.2	Metoda větví a mezí	137
10.3.3	Backtracking (prohledávání s návratem)	140
10.4	P a NP třídy problémů	142
10.4.1	Příklady NP-úplných problémů	145
10.5	Aproximativní a heuristické metody	149
10.6	Příklady aproximativních algoritmů	150
10.7	Chcete vědět víc?	156

11 Vybrané optimalizační a evoluční techniky 157

11.1	Prohledávání do šířky (breadth-first search)	158
11.2	Prohledávání do hloubky (depth-first search)	159
11.3	Best-first search	159
11.4	Greedy algoritmus	159
11.5	Metoda lokálního hledání	160
11.6	Slepý algoritmus	162
11.7	Horolezecký algoritmus	163
11.8	Simulované žihání	166
11.8.1	Verze simulovaného žihání	170
11.9	Tabu Search	171
11.10	Genetické algoritmy	173
11.10.1	Terminologie GA	173
11.10.2	Vhodnost	174
11.10.3	Výběr rodičů	175
11.10.4	Pořadová selekce (Rank selection)	175
11.10.5	Elitismus	176
11.10.6	Reprodukce	176
11.10.7	Křížení	176
11.10.8	Mutace	177
11.10.9	Parametry křížení a mutace	178
11.10.10	Kódování	178
11.10.11	Schémata	179

11.10.12	Verze genetických algoritmů	180
11.10.12.1	Hybridní genetický algoritmus	180
11.10.12.2	Messy genetický algoritmus	181
11.11	Paralelní genetické algoritmy	182
11.11.1	Farmářský model	183
11.11.2	Migrační model	183
11.11.3	Difusní model	185
11.11.4	Příklady použití PGA	186
11.11.4.1	Vliv počtu migrantů v každé epoše	186
11.11.4.2	Vliv různého počtu generací mezi jednotlivými migracemi	187
11.11.4.3	Vliv strategie výběru migrantů	187
11.11.4.4	Vliv počtu podpopulací	187
11.11.5	Souhrnné shrnutí vlastností PGA	187
11.11.5.1	Adaptace složitých systémů	188
11.11.5.2	Biologické kořeny evolučních algoritmů.	189
11.11.5.3	Samoorganizace a adaptace složitých systémů	195
11.11.5.4	Varianty genetických algoritmů	198
11.11.5.5	Paralelní evoluce s hierarchickým uspořádáním	199
11.11.5.6	Nárůst uspořádanosti systémů	201
11.12	Evoluční strategie	203
11.12.1	Dvoučlenné ES: $(1 + 1) - ES$	203
11.12.2	Vícečlenné ES: $(\mu + l) - ES$ a $(\mu, l) - ES$	204
11.12.3	Rekombinační ES: $(\mu/r + l) - ES$	205
11.12.4	Adaptivní ES	206
11.13	Rojení částic (Particle swarm)	208
11.13.1	Princip	208
11.13.2	Algoritmus	210
11.13.3	Nastavitelné parametry PSO	211
11.13.4	Další verze PSO algoritmu	212
11.14	Rozptýlené hledání (Scatter Search)	214
11.15	Optimalizace mravenčí kolonií (Ant Colony Optimization)	215
11.16	Umělý imunitní systém (Artificial Imunne System)	218
11.16.1	Rozpoznávání vzorců	218
11.16.2	Hypermutace	218
11.16.3	Negativní výběr	219
11.17	SOMA: SamoOrganizující se Migrační Algoritmus	220
11.17.1	Parametry a terminologie	221
11.17.2	Populace	223
11.17.3	Mutace	223
11.17.4	Křížení	224
11.17.5	Princip algoritmu SOMA	225
11.17.6	Strategie SOMA algoritmu	230

11.17.7	Závislost SOMA na řídicích a ukončovacích parametrech	232
11.17.8	Zařazení algoritmu SOMA	233
11.17.9	SOMA a jiné optimalizační algoritmy	233
11.18	Diferenciální evoluce	235
11.18.1	Historie	235
11.18.2	Parametry a terminologie	236
11.18.3	Populace	237
11.18.4	Mutace	237
11.18.5	Křížení	238
11.18.6	Princip činnosti diferenciální evoluce	238
11.18.7	Varianty diferenciální evoluce	242
11.18.8	Závislost diferenciální evoluce na řídicích parametrech	243
11.18.9	Stagnace	244
11.19	Chcete vědět víc?	245

12 EVT a evoluce symbolických struktur 247

12.1	Základní pojmy	248
12.2	Evoluční hardware	250
12.2.1	Thompsonův experiment	250
12.2.2	Evoluce v extrémním prostředí	251
12.2.3	Adaptivní hardware	252
12.2.4	Akcelerátory evolučního návrhu v FPGA	252
12.2.5	Evoluce kvantových chování	252
12.2.6	Evoluce antény v rámci Space Technology 5 Project (ST5), NASA	253
12.3	Genetické programování	254
12.4	Gramatická evoluce	257
12.5	Paralelní gramatická evoluce	261
12.5.1	Použitá gramatika	261
12.5.2	Implementace funkce s aritou n	263
12.5.3	Generování závorek ve funkcích	263
12.5.4	Paralelní gramatická evoluce	263
12.5.5	Gramatická evoluce	263
12.5.6	Zpracování gramatiky	264
12.5.7	Překládání genotypu na fenotyp	266
12.5.8	Křížení	266
12.5.9	Mutace	267
12.5.10	Populační model	267
12.5.11	Samičí populace	267
12.5.12	Samčí populace	267

12.5.13	Master populace	268
12.5.14	Účelová funkce (fitness)	268
12.6	Analytické programování	271
12.6.1	Analytické programování – princip	271
12.6.2	Data a zobrazení	275
12.6.3	Křížení, mutace a další evoluční operace	277
12.6.4	Posílené hledání	277
12.6.5	Bezpečnostní procedury	278
12.6.6	Podobnosti a rozdíly s existujícími metodami	278
12.6.7	Vybrané řešené problémy	279
12.7	Chcete vědět víc?	280

13 Testovací funkce 281

13.1	Galerie testovacích funkcí	282
13.1.1	První de Jongova funkce (1st De Jong)	285
13.1.2	Druhá de Jongova funkce– Rosenbrockovo sedlo (Rosenbrock's saddle)	286
13.1.3	Třetí de Jongova funkce (3rd De Jong)	287
13.1.4	Čtvrtá de Jongova funkce (4th De Jong)	288
13.1.5	Rastriginova funkce (Rastrigin's function)	289
13.1.6	Schwefelova funkce (Schwefel's function)	290
13.1.7	Griewangkova funkce (Griewangk's function)	291
13.1.8	Sinová obálková sinusoidální funkce (sine envelope sine wave function)	292
13.1.9	Roztažená sinusoidální V funkce (stretched V sine wave function)	293
13.1.10	Ackleyho funkce I (Ackley's function I)	294
13.1.11	Ackleyho funkce II (Ackley's function II)	295
13.1.12	Plato vajec (egg holder)	296
13.1.13	Ranova funkce (Rana's function)	297
13.1.14	Patologická funkce (pathological function)	298
13.1.15	Michalewiczova funkce (Michalewicz's function)	299
13.1.16	Mastersova funkce (Masters's cosine wave function)	300
13.1.17	Problém dělení čaje	301
13.1.18	Shekelova funkce (Shekel's foxhole)	303
13.1.19	Pseudo-Dirakova funkce	305
13.1.20	Fraktální funkce	306
13.2	Permutační testovací problémy	309
13.3	Chcete vědět víc?	310

14.1	Testování evolučních algoritmů	313
14.2	Problémy rozvrhování výroby	316
14.2.1	Problém rozvrhování proudové výroby	317
14.3	Problém rozvrhování zakázkové výroby	325
14.3.1	Reprezentace založená na úlohách	327
14.3.2	Reprezentace založená na operacích	328
14.3.3	Reprezentace disjunktivním grafem	329
14.3.4	Metoda CPM	330
14.4	Problém pokrytí	333
14.5	Problém batohu	336
14.6	Steinerovy problémy	337
14.7	Plánování trasy robotu	345
14.7.1	Silniční mapy	350
14.8	Evoluce a rozvrhování proudové výroby	355
14.8.1	Proudová výroba a definice účelové funkce	356
14.8.2	Použité algoritmy a testovací problémy	356
14.8.3	Test FSS I	357
14.8.4	Test FSS II	358
14.8.5	Závěr	358
14.9	Řízení deterministického chaosu	359
14.9.1	Popis problému	359
14.9.2	Účelová funkce	360
14.9.3	Optimalizační algoritmus	361
14.9.4	Experimentální výsledky – logistická rovnice	362
14.9.4.1	Řízení chaosu – logistická rovnice, stabilizace $p=1$ UPO	363
14.9.4.2	Řízení chaosu – logistická rovnice, stabilizace $p=2$ UPO	365
14.9.4.3	Řízení chaosu – logistická rovnice, stabilizace $p=4$ UPO	367
14.9.4.4	Srovnání s klasickou řídicí technikou OGY	369
14.9.5	Experimentální výsledky – Henonova mapa	370
14.9.5.1	Řízení chaosu – Henonova mapa, stabilizace $p=1$ UPO	370
14.9.5.2	Řízení chaosu – Henonova mapa, stabilizace $p=2$ UPO	372
14.9.5.3	Řízení chaosu – Henonova mapa, stabilizace $p=4$ UPO	374
14.9.5.4	Srovnání s klasickou řídicí technikou – OGY	376
14.9.6	Závěr	377
14.10	Řízení plazmového reaktoru	378
14.10.1	Plazma řízená radiovou frekvencí	378
14.10.2	Langmuirova sonda	379
14.10.3	Aktivní kompenzace v RF plazmatu	379
14.10.4	Hardwarové vybavení a zapojení	380

14.10.5	Nastavení experimentu	381
14.10.6	Návrh experimentu a řídicích parametrů	382
14.10.7	Závěr	382
14.11	Aerodynamická optimalizace geometrie křídla	387
14.11.1	Optimalizovaný model křídla	387
14.11.2	Výsledky optimalizace	389
14.11.3	SportStar	390
14.11.4	VUT-100 Cobra	391
14.11.5	Závěr	395
14.12	Optimalizace umístění směrovacích stanic v bezdrátových sítích	395
14.12.1	Optimalizovaný model	396
14.12.2	Vliv přenosových uzlů	398
14.12.3	Umístění routovacích uzlů přírůstkovou metodou	398
14.12.4	Umístění směrovacích uzlů za použití algoritmu SOMA	398
14.12.5	Závěr	405
14.13	Aproximace funkcí	405
14.13.1	Sextic a Quintic problém	406
14.13.2	Problém 3Sine a 4Sine	409
14.13.3	Závěr	412
14.14	Syntéza řídicích příkazů robotu	414
14.14.1	Definice problému	415
14.14.2	Řešení	417
14.14.3	Použité evoluční algoritmy	422
14.14.4	Závěr	425
14.15	Evoluční syntéza deterministického chaosu	428
14.15.1	Současný stav a motivace	428
14.15.2	Nejjednodušší model deterministického chaosu – logistická rovnice	429
14.15.3	Výběr základního chaotického systému	430
14.15.4	Účelová funkce	432
14.15.5	Experimentální výsledky	432
14.15.6	Závěr	437
14.16	Syntéza logických funkcí a elektronických obvodů	444
14.16.1	Syntéza boolovské paritní funkce	444
14.16.1.1	Účelová funkce	445
14.16.1.2	Použité algoritmy	445
14.16.1.3	Výsledky	445
14.16.2	Návrh elektronických obvodů	453
14.16.2.1	Použité algoritmy a účelová funkce	453
14.16.2.2	Světelná signalizace	453
14.16.2.3	Tepelná regulace	455
14.16.2.4	Řízení vlakových výhybek	456

14.16.3	Závěr	458
14.17	Syntéza neuronových sítí	458
14.17.1	Vybraný algoritmus, jeho nastavení a účelová funkce	459
14.17.2	Řešení lineárně separabilního problému	460
14.17.2.1	<i>Syntetizované sítě pro lineárně separabilní problém</i>	<i>460</i>
14.17.3	Řešení problému XOR	464
14.17.3.1	<i>Syntetizované sítě pro nelineárně separabilní problém</i>	<i>464</i>
14.17.4	Stromová struktura	468
14.17.5	Závěr	470
14.18	Syntéza evolučních algoritmů – metaevoluce	471
14.18.1	První pokusy	471
14.18.1.1	<i>Množina obecných funkcí</i>	<i>472</i>
14.18.1.2	<i>Účelová funkce</i>	<i>472</i>
14.18.1.3	<i>Výsledky prvních pokusů</i>	<i>473</i>
14.18.2	Vícedimenzionální problémy s více operátory	475
14.18.3	Účelová funkce	477
14.18.4	Závěr	504
14.19	Vybrané příklady P a NP problémů	504
14.20	Chcete vědět víc?	509

Závěr 511

Použitá literatura	514
---------------------------------	------------

Rejstřík	531
-----------------------	------------

Kontakty na prodejny technické literatury	535
--	------------

Pár slov o nakladatelství	536
--	------------