

UMĚLÁ INTELIGENCE

V PROBLÉMECH GLOBÁLNÍ OPTIMALIZACE

Ivan Zelinka

Praha 2002



Tato publikace vznikla za podpory grantů
MŠM 26500014, GAČR 102/00/0526 a GAČR 102/02/0204

Kniha seznamuje čtenáře se dvěma novými algoritmy evolučního charakteru, jenž umožňují efektivní a jednoduché nalezení globálního extrému. Veškeré informace jsou psány čtivou formou bez nároků na hlubší vzdělání v matematice. Všechny důležité pojmy a výsledky jsou graficky znázorněny pomocí přehledných grafů. Teoretické a praktické výsledky jsou podpořeny simulacemi včetně dostupných kódů v jazyce C, jenž prolínají touto publikací. Smyslem této publikace není podat hluboké teoretické vysvětlení dané problematiky, ale naopak s použitím minimálního množství teorie podat srozumitelné vysvětlení obou algoritmů s důrazem na jejich praktické využití.

Kniha je určena každému, kdo má zájem či potřebu řešit optimalizační problémy bez použití vyšší matematiky. Je určena studentům, učitelům, pracovníkům z praxe, ale i vědeckým pracovníkům.

Ivan Zelinka

Umělá inteligence v problémech globální optimalizace

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Ivan Zelinka, Praha 2002

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Ivan Zelinka: Umělá inteligence v problémech globální optimalizace

BEN – technická literatura, Praha 2002

1. vydání

ISBN 80-7300-069-5

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PŘEDMLUVA | 17 |
| 2 | ÚVOD DO PROBLEMATIKY OPTIMALIZAČNÍCH ALGORITMŮ | 19 |
| 2.1 | SOUČASNÝ STAV | 20 |
| 2.1.1 | <i>Nástin principu vybraných algoritmů</i> | 22 |
| 2.2 | PERSPEKTIVY A ALTERNATIVY | 26 |
| 3 | OPTIMALIZACE A ÚČELOVÁ FUNKCE | 27 |
| 3.1 | ÚČELOVÁ FUNKCE | 30 |
| 3.2 | ÚČELOVÁ FUNKCE JAKO GEOMETRICKÝ PROBLÉM | 31 |
| 3.3 | TVORBA ÚČELOVÉ FUNKCE..... | 33 |
| 4 | VYBRANÉ ZÁKLADNÍ POJMY | 36 |
| 4.1 | DEFINIČNÍ OBOR ALGORITMŮ SOMA A DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE..... | 36 |
| 4.2 | SPOLEČNÉ RYSY OBOU ALGORITMŮ | 38 |
| 4.3 | POPULACE | 39 |
| 5 | OMEZENÍ A OŠETŘENÍ KRIZOVÝCH STAVŮ | 43 |
| 5.1 | FORMALIZACE PROBLÉMU | 44 |
| 5.2 | OMEZENÍ KLADENÁ NA ARGUMENTY ÚČELOVÉ FUNKCE | 45 |
| 5.3 | PENALIZACE FUNKCÍ..... | 46 |
| 5.4 | PRÁCE S CELOČÍSELNÝMI A DISKRÉTNÍMI HODNOTAMI | 47 |
| 6 | SOMA : SAMO-ORGANIZUJÍCÍ SE MIGRAČNÍ ALGORITMUS | 50 |
| 6.1 | PARAMETRY A TERMINOLOGIE | 51 |
| 6.2 | POPULACE | 53 |
| 6.3 | MUTACE | 53 |
| 6.4 | KŘÍŽENÍ | 54 |
| 6.5 | PRINCIP ALGORITMU SOMA | 56 |
| 6.6 | STRATEGIE SOMA ALGORITMU..... | 61 |
| 6.7 | ZÁVISLOST SOMA NA ŘÍDICÍCH A UKONČOVACÍCH PARAMETRECH | 64 |
| 6.8 | ZAŘAZENÍ ALGORITMU SOMA..... | 66 |
| 6.9 | SOMA A JINÉ OPTIMALIZAČNÍ ALGORITMY | 68 |
| 7 | DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE | 71 |
| 7.1 | HISTORIE | 71 |
| 7.2 | PARAMETRY A TERMINOLOGIE | 72 |
| 7.3 | POPULACE | 73 |
| 7.4 | MUTACE | 73 |
| 7.5 | KŘÍŽENÍ | 74 |
| 7.6 | PRINCIP ČINNOSTI DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE | 74 |
| 7.7 | VARIANTY DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE | 80 |
| 7.8 | ZÁVISLOST DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE NA ŘÍDICÍCH PARAMETRECH | 81 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7.9 | STAGNACE | 82 |
| 7.9.1 | Vliv mutace F | 85 |
| 7.9.2 | Vliv křížící konstanty CR | 85 |
| 7.9.3 | Vliv velikosti populace NP | 86 |
| 7.9.4 | Stagnace – doporučená nastavení parametrů | 86 |
| 8 | POPIS OVLÁDÁNÍ PROGRAMŮ SOMA A DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE | 87 |
| 9 | GALERIE TESTOVACÍCH FUNKCÍ | 95 |
| 10 | UKÁZKOVÉ STUDIE | 104 |
| 10.1 | TESTOVÁNÍ ALGORITMU SOMA A DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE | 105 |
| 10.2 | OPTIMALIZACE PROBLÉMŮ STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ | 118 |
| 10.2.1 | Příklad 1: Návrh ozubeného převodu | 119 |
| 10.2.2 | Příklad 2: Návrh tlakové nádoby | 124 |
| 10.2.3 | Příklad 3: Návrh pružiny | 133 |
| 10.3 | STATICÁ OPTIMALIZACE REAKTORU | 141 |
| 10.3.1 | Optimalizovaný reaktor | 141 |
| 10.3.2 | Nelineární model reaktoru | 143 |
| 10.3.3 | Optimalizace s penalizací a suboptimalizací chladičí plochy | 144 |
| 10.4 | PREDIKTIVNÍ ŘÍZENÍ | 149 |
| 10.4.1 | Prediktivní řízení a_P a T_P | 152 |
| 10.5 | PID REGULÁTOR | 154 |
| 10.6 | OPTIMALIZACE VYZAŘOVACÍHO POLE ANTÉNY | 159 |
| 10.7 | UČENÍ NEURONOVÉ SÍTĚ | 163 |
| 10.8 | INVERZNÍ FRAKTÁLNÍ PROBLÉM | 168 |
| 10.8.1 | Fraktální geometrie | 169 |
| 10.8.2 | Inverzní fraktální problém a jeho řešení | 173 |
| 11 | ZÁVĚR NEBO ZAČÁTEK? | 178 |
| 12 | REJSTRÍK | 183 |
| 13 | POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA | 185 |

Seznam obrázků

| | | |
|----------|--|----|
| OBR. 2.1 | PRINCIP HOROLEZECKÉHO ALGORITMU | 23 |
| OBR. 2.2 | PRINCIP EVOLUČNÍ STRATEGIE | 24 |
| OBR. 2.3 | ANT ALGORITMUS, PRINCIP | 24 |
| OBR. 3.1 | UNIMODÁLNÍ ÚČELOVÁ FUNKCE JAKO GEOMETRICKÝ PROBLÉM | 32 |
| OBR. 3.2 | MUTIMODÁLNÍ ÚČELOVÁ FUNKCE JAKO GEOMETRICKÝ PROBLÉM | 32 |
| OBR. 3.3 | NEKONEČNĚ MNOHO GLOBÁLNÍCH EXTRÉMŮ | 33 |
| OBR. 3.4 | PRINCIP PREDIKTIVNÍHO ŘÍZENÍ | 33 |
| OBR. 3.5 | ÚČELOVÁ FUNKCE PRO ODHAD PARAMETRŮ MODELU SYSTÉMU | 34 |
| OBR. 3.6 | PRINCIP ÚČELOVÉ FUNKCE U INVERZNÍHO FRAKTÁLNÍHO PROBLÉMU | 35 |

| | |
|--|-----|
| OBR. 3.7 KONVERZE EXTRÉMŮ..... | 36 |
| OBR. 4.1 UKÁZKY FUNKCÍ VYKAZUJÍCÍ KOMBINACE NĚKTERÝCH VLASTNOSTÍ 1–8, A–G | 37 |
| OBR. 4.2 UKÁZKY FUNKCÍ VYKAZUJÍCÍ KOMBINACE NĚKTERÝCH VLASTNOSTÍ 1–8, A–G..... | 38 |
| OBR. 4.3 POPULACE..... | 40 |
| OBR. 4.4 FUNKCE S ROSTOUCÍMI EXTRÉMY A DVĚ NÁHODNĚ GENEROVANÉ POPULACE | 41 |
| OBR. 4.5 ČÍSELNÉ VYJÁDRĚNÍ DVOU NÁHODNĚ GENEROVANÝCH POPULACÍ..... | 41 |
| OBR. 4.6 KONVERGENCE POPULACE KE GLOBÁLNÍMU EXTRÉMU..... | 43 |
| OBR. 4.7 VÝVOJ HODNOTY ÚČELOVÉ FUNKCE BĚHEM EVOLUCE..... | 43 |
| OBR. 5.1 SEPAROVANÉ PROSTORY MOŽNÝCH ŘEŠENÍ | 47 |
| OBR. 5.2 GEOMETRICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PRÁCE S CELOČÍSELNÝMI A DISKRÉTNÍMI HODNOTAMI..... | 49 |
| OBR. 5.3 PRINCIP OŠETŘENÍ DISKRÉTNÍHO PARAMETRU JEDINCE | 49 |
| OBR. 6.1 PRINCIP UKONČOVACÍHO PARAMETRU ACCEPTED ERROR | 53 |
| OBR. 6.2 „PRTVECTOR“ V GRAFICKÉM DETAILU..... | 56 |
| OBR. 6.3 PRINCIP SOMA – UMĚLÝ PŘÍKLAD | 57 |
| OBR. 6.4 SMĚROVÝ VEKTOR, VIZ VZTAHY (6.3) A (6.4)..... | 59 |
| OBR. 6.5 POHYB JEDINCE PO HRANĚ SOMA MNOHOSTĚNU V „ŘEZU“..... | 61 |
| OBR. 6.6 SOMA MNOHOSTĚN VE 3D S JEDINCI VE VRCHOLECH | 61 |
| OBR. 6.8 PRINCIP SOMA | 62 |
| OBR. 6.9 PRINCIP STRATEGIE ALL TO ALL – UMĚLÝ PŘÍKLAD..... | 63 |
| OBR. 6.10 ZÁVISLOST SOMA NA ŘÍDICÍCH A UKONČOVACÍCH PARAMETRECH | 65 |
| OBR. 7.1 UKÁZKOVÉ FUNKCE..... | 78 |
| OBR. 7.2 KONVERGENCE POPULACE DO GLOBÁLNÍHO EXTRÉMU NA SWEFELOVĚ FUNKCI..... | 78 |
| OBR. 7.3 NP = 40 , F A CR MĚNĚNO | 81 |
| OBR. 7.4 F = 0.9, NP A CR MĚNĚNO | 81 |
| OBR. 7.5 CR = 0.9, NP A F MĚNĚNO | 82 |
| OBR. 7.6 AKTUÁLNÍ POPULACE VLEVO A VŠECHNY MOŽNÉ NOVÉ POZICE..... | 83 |
| OBR. 7.7 POROVNÁNÍ RŮZNÝCH HODNOT PRO VARIACE PARAMETRU F..... | 85 |
| OBR. 7.8 POČET MOŽNÝCH ZKUŠEBNÍCH ŘEŠENÍ..... | 86 |
| OBR. 8.1 VZHLED WWW STRÁNKY ALGORITMŮ SOMA A DE | 88 |
| OBR. 9.1 MNOŽINA BODŮ (V 1D A 2D REALIZACI) LIŠÍCÍ SE OD GLOBÁLNÍHO EXTRÉMU | 95 |
| OBR. 9.2 „1 ST DE JONG“ – PRVNÍ DE JONGOVA FUNKCE..... | 96 |
| OBR. 9.3 „ROSEN BROCK’S SADDLE“ – ROSEN BROKOVO SEDLO | 97 |
| OBR. 9.4 „3 RD DE JONG“ – TŘETÍ DE JONGOVA FUNKCE..... | 97 |
| OBR. 9.5 „4 TH DE JONG“ – ČTVRTÁ DE JONGOVA FUNKCE..... | 98 |
| OBR. 9.6 „RASTRIGIN’S FUNCTION“ – RASTRIGINOVA FUNKCE..... | 98 |
| OBR. 9.7 „SCHWEFEL’S FUNCTION“ – SCHWEFELOVA FUNKCE..... | 99 |
| OBR. 9.8 „GRIEWANGK’S FUNCTION“ – GRIEWANGKOVA FUNKCE | 99 |
| OBR. 9.9 „SINE ENVELOPE SINE WAVE FUNCTION“..... | 100 |
| OBR. 9.10 STRETCHED V SINE WAVE FUNCTION | 100 |
| OBR. 9.11 TEST FUNCTION (ACKLEY) | 101 |
| OBR. 9.12 ACKLEY’S FUNCTION – ACKELYHO FUNKCE..... | 101 |
| OBR. 9.13 EGG HOLDER – DRŽÁK (PLATO) VAJEC..... | 102 |
| OBR. 9.14 RANA’S FUNCTION – RANOVA FUNKCE..... | 102 |
| OBR. 9.15 PATHOLOGICAL FUNCTION – PATOLOGICKÁ FUNKCE..... | 103 |
| OBR. 9.16 MICHALEWICZ’S FUNCTION – MICHALEWICZOVA FUNKCE..... | 103 |
| OBR. 9.17 MASTERS’S COSINE WAVE FUNCTION – MASTERSOVA COSINOVÁ VLNOVÁ FUNKCE | 104 |

| | |
|---|-----|
| OBR. 10.1 1 ST DE JONG'S FUNCTION..... | 108 |
| OBR. 10.2 ROSENBROCK'S SADDLE | 109 |
| OBR. 10.3 3 RD DE JONG'S FUNCTION | 109 |
| OBR. 10.4 4 TH DE JONG'S FUNCTION | 110 |
| OBR. 10.5 RASTRIGIN'S FUNCTION..... | 110 |
| OBR. 10.6 SCHWEFEL'S FUNCTION..... | 111 |
| OBR. 10.7 GRIEWANGK'S FUNCTION..... | 111 |
| OBR. 10.8 STRETCHED V SINE WAVE FUNCTION (ACKLEY) | 112 |
| OBR. 10.9 TEST FUNCTION (ACKLEY) | 112 |
| OBR. 10.10 ACKLEY'S FUNCTION | 113 |
| OBR. 10.11 TEST FUNCTION – EGG HOLDER | 114 |
| OBR. 10.12 RANA'S FUNCTION | 114 |
| OBR. 10.13 PATHOLOGICAL FUNCTION | 114 |
| OBR. 10.14 MICHALEWICZ'S FUNCTION..... | 113 |
| OBR. 10.15 COSINE WAVE FUNCTION (MASTERS)..... | 115 |
| OBR. 10.16 SOMA, ALL TO ALL ADAPTIVE, 20 × OPAKOVANÁ SIMULACE | 116 |
| OBR. 10.17 UKÁZKY ZÁLUDNÝCH FUNKCÍ | 117 |
| OBR. 10.18 OZUBENÝ PŘEVOD Z PŘÍKLADU 1 | 119 |
| OBR. 10.19 TLAKOVÁ NÁDOBA Z PŘÍKLADU 2 | 125 |
| OBR. 10.20 PRUŽINA | 133 |
| OBR. 10.21 SCHÉMA REAKTORU..... | 142 |
| OBR. 10.22 CHOVÁNÍ REAKTORU NASTAVENÉHO POMOCÍ PARAMETRŮ EXPERTA..... | 144 |
| OBR. 10.23 STATICKÁ OPTIMALIZACE REAKTORU..... | 147 |
| OBR. 10.24 STATICKÁ OPTIMALIZACE REAKTORU – VÍTĚZNÝ REAKTOR | 147 |
| OBR. 10.25 PRINCIP SIMULACE | 148 |
| OBR. 10.26 PRINCIP PREDIKTIVNÍHO ŘÍZENÍ..... | 149 |
| OBR. 10.27 PRINCIP SIMULACE | 150 |
| OBR. 10.28 MIMO (5:2) PREDIKTIVNÍ ŘÍZENÍ BEZ PENALIZACE AKČNÍCH VELIČIN | 153 |
| OBR. 10.29 STAVOVÝ PROSTOR ŘÍZENÉHO SYSTÉMU A JEHO VÝSTUP PRO $w = 1$ | 154 |
| OBR. 10.30 STAVOVÝ PROSTOR ŘÍZENÉHO SYSTÉMU A JEHO VÝSTUP PRO $w = 3$ | 155 |
| OBR. 10.31 SCHÉMA ZAPOJENÍ | 155 |
| OBR. 10.32 PID – ORIGINALNÍ PRŮBĚH A PARAMETRY PODLE | 156 |
| OBR. 10.33 PID POKUS 1..... | 156 |
| OBR. 10.34 PID POKUS S VYLEPŠENOU ÚČELOVOU FUNKCÍ POMOCÍ DE..... | 156 |
| OBR. 10.35 PID POKUS S VYLEPŠENOU ÚČELOVOU FUNKCÍ POMOCÍ SOMA..... | 157 |
| OBR. 10.36 ŘEZ HYPERPLOCHOU ÚČELOVÉ FUNKCE PRO SYSTÉM ŘÍZENÝ REGULÁTOREM PID | 158 |
| OBR. 10.37 SPIRÁLNÍ ANTÉNA, ZÁKLADNÍ PRINCIP | 159 |
| OBR. 10.38 PRINCIP KONSTRUKCE ÚČELOVÉ FUNKCE | 160 |
| OBR. 10.39 VYZAŘOVACÍ POLE ORIGINALNÍ ANTÉNY..... | 160 |
| OBR. 10.40 VYZAŘOVACÍ LALOK ANTÉNY OPTIMALIZOVANÉ ALGORITMEM SOMA | 162 |
| OBR. 10.41 HISTORIE 100 × OPAKOVANÉ OPTIMALIZACE | 162 |
| OBR. 10.42 VYZAŘOVACÍ LALOK ANTÉNY OPTIMALIZOVANÉ DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCÍ..... | 163 |
| OBR. 10.43 OSCILUJÍCÍ VÝVOJ GLOBÁLNÍ CHYBY (METODA „BACKPROPAGATION“) | 165 |
| OBR. 10.44 HYPERPLOCHA ÚČELOVÉ FUNKCE „NEURON“..... | 166 |
| OBR. 10.45 VÝVOJ GLOBÁLNÍ CHYBY PŘI UČENÍ UMĚLÉHO NEURONU 100 × OPAKOVÁNO | 168 |

| | |
|--|-----|
| OBR. 10.46 AFINNÍ TRANSFORMACE..... | 169 |
| OBR. 10.47 TVORBA FRAKTÁLU POMOCÍ AFINNÍCH TRANSFORMACÍ..... | 170 |
| OBR. 10.48 TOTÉŽ MATEŘSKÉ TĚLESO A JINÝ VÝSLEDNÝ TVAR..... | 171 |
| OBR. 10.49 TVORBA FRAKTÁLU KAPRADINA..... | 171 |
| OBR. 10.50 TVORBA FRAKTÁLU STROM..... | 172 |
| OBR. 10.51 FRAKTÁLY ALEJ A TŘEŠŇOVÝ SAD..... | 172 |
| OBR. 10.52 PRINCIP TEA ALGORITMU..... | 173 |
| OBR. 10.53 A JEHO BAREVNÝ VÝSLEDEK..... | 173 |
| OBR. 10.54 PRINCIP ÚČELOVÉ FUNKCE U INVERZNÍHO FRAKTÁLNÍHO PROBLÉMU..... | 174 |
| OBR. 10.55 PLOCHA ÚČELOVÉ FUNKCE PAVOUK..... | 174 |
| OBR. 10.56 100 × OPAKOVANÁ HISTORIE EVOLUCE HODNOTY ÚČELOVÉ FUNKCE..... | 175 |
| OBR. 10.57 IFP MANDELBROTOVY MNOŽINY..... | 175 |
| OBR. 10.58 IFP FRAKTÁLU VÍR..... | 176 |
| OBR. 10.59 IFP FRAKTÁLU PAVOUK..... | 176 |
| OBR. 11.1 NÁHODNĚ GENEROVANÉ FUNKCE Z OFP V RÁMCI AP..... | 180 |
| OBR. 11.2 APROXIMACE FUNKCE $\sin(\tau)$ | 181 |
| OBR. 11.3 APROXIMACE FUNKCE $ \sin(\tau) + \cos(\tau) $ POMOCÍ AP..... | 181 |
| OBR. 11.4 ŘEŠENÍ DIFERENCIÁLNÍ ROVNICE Z [104] POMOCÍ AP..... | 182 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| TAB. 2.1 MOŽNÉ USPOŘÁDÁNÍ OPTIMALIZAČNÍCH ALGORITMŮ..... | 20 |
| TAB. 2 TVORBA SPECIMENU V JAZYCE C..... | 40 |
| TAB. 3 TVORBA POPULACE..... | 41 |
| TAB. 6.1 VÝZNAM PARAMETRŮ SOMA..... | 51 |
| TAB. 6.2 PŘÍKLAD PERTURBAČNÍHO VEKTORU PRO JEDINCE O 4 PARAMETRECH A $PRT = 0.3$ | 54 |
| TAB. 6.3 GENEROVÁNÍ PERTURBAČNÍHO VEKTORU V JAZYCE C..... | 54 |
| TAB. 6.5 POHYB JEDINCE V JAZYCE C..... | 55 |
| TAB. 6.6 VÝZNAM BIOLOGICKÉ TEMINOLOGIE V ALGORITMU SOMA..... | 57 |
| TAB. 6.7 DEFINICE PARAMETRŮ..... | 58 |
| TAB. 6.8 TVORBA POPULACE..... | 58 |
| TAB. 6.9 MIGRAČNÍ KOLA V JAZYCE C..... | 60 |
| TAB. 6.10 UKONČOVACÍ PODMÍNKY MIGRACE..... | 60 |
| TAB. 6.12 KONEC A NÁVRAT NEJLEPŠÍHO JEDINCE..... | 60 |
| TAB. 7.1 HODNOTY ŘÍDICÍCH PARAMETRŮ DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE PŘEVZATO Z [36]..... | 73 |
| TAB. 7.2 KŘÍŽENÍ V DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCI V JAZYCE C..... | 74 |
| TAB. 7.3 DEFINICE PARAMETRŮ..... | 75 |
| TAB. 7.4 TVORBA POPULACE..... | 75 |
| TAB. 7.5 EVOLUČNÍ CYKLUS..... | 76 |
| TAB. 7.6 UKONČOVACÍ PODMÍNKA DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE..... | 77 |
| TAB. 7.7 KONEC A NÁVRAT NEJLEPŠÍHO JEDINCE..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| TAB. 7.8 PRINCIP DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE | 79 |
| TAB. 7.9 PŘÍKLAD KONKRÉTNÍ POPULACE | 83 |
| TAB. 7.10 VŠECHNA MOŽNÁ ŘEŠENÍ (ZKUŠEBNÍ VEKTORY – JEDINCI) | 84 |
| TAB. 8.1 SOUBORY PŘILOŽENÝCH PROGRAMŮ | 88 |
| TAB. 8.2 VYBRANÉ FUNKCE PROGRAMŮ SOMA A DE | 87 |
| TAB. 8.3 REALIZACE ÚČELOVÉ FUNKCE V JAZYCE C | 89 |
| TAB. 8.4 STRUKTURA SOUBORU COSTVALUE.C..... | 90 |
| TAB. 8.5 PO UKONČENÍ OPTIMALIZACE | 92 |
| TAB. 8.6 DETAILNÍ VÝPIS V SOUBORU *.OUT..... | 92 |
| TAB. 8.7 ADRESÁŘOVÁ STRUKTURA PO ROZBALENÍ SOUBORU „COMPILED.EXE“ | 93 |
| TAB. 10.1 NALEZENÉ EXTRÉMY U TESTOVACÍCH FUNKCÍ PRO ALGORITMUS SOMA | 107 |
| TAB. 10.2 NALEZENÉ EXTRÉMY U TESTOVACÍCH FUNKCÍ PRO ALGORITMUS DE | 108 |
| TAB. 10.3 TESTOVACÍ PROBLÉMY | 118 |
| TAB. 10.4 ALTERNATIVNÍ METODY POUŽITÉ K ŘEŠENÍ TESTOVACÍCH PROBLÉMŮ..... | 118 |
| TAB. 10.5 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ ZÍSKANÉ JINÝMI ALGORITMY NEŽ SOMA | 121 |
| TAB. 10.6 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ ZÍSKANÉ ALGORITMEM SOMA..... | 122 |
| TAB. 10.7 ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ ZÍSKANÁ POMOCÍ SOMA. | 122 |
| TAB. 10.8 ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ ZÍSKANÁ POMOCÍ DE | 122 |
| TAB. 10.9 OBSAH INICIALIZAČNÍCH SOUBORŮ PRO SOMA A DE ALGORITMUS..... | 123 |
| TAB. 10.10 REALIZACE ÚČELOVÉ FUNKCE V JAZYCE C..... | 123 |
| TAB. 10.11 DETAILNÍ HLÁŠENÍ O VÝSLEDČÍCH OPTIMALIZACE V SOUBORU TYPU *.OUT | 124 |
| TAB. 10.12 HRANICE JEDNOTLIVÝCH PROMĚNNÝCH PRO NÁVRH TLAKOVÉ NÁDOBY | 126 |
| TAB. 10.13 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TLAKOVÉ NÁDOBY PŘÍPAD A | 127 |
| TAB. 10.14 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TLAKOVÉ NÁDOBY POMOCÍ SOMA, PŘÍPAD A | 128 |
| TAB. 10.15 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TLAKOVÉ NÁDOBY PŘÍPAD B | 128 |
| TAB. 10.16 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TLAKOVÉ NÁDOBY POMOCÍ SOMA, PŘÍPAD B | 129 |
| TAB. 10.18 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TLAKOVÉ NÁDOBY PŘÍPAD C: ODLIŠNÁ DEFINICE OMEZENÍ G_5 ,..... | 129 |
| TAB. 10.18 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TLAKOVÉ NÁDOBY POMOCÍ SOMA, PŘÍPAD C | 130 |
| TAB. 10.20 OBSAH INICIALIZAČNÍCH SOUBORŮ PRO SOMA A DE ALGORITMUS..... | 131 |
| TAB. 10.20 REALIZACE ÚČELOVÉ FUNKCE V JAZYCE C..... | 131 |
| TAB. 10.21 DETAILNÍ HLÁŠENÍ O VÝSLEDČÍCH OPTIMALIZACE V SOUBORU TYPU *.OUT | 133 |
| TAB. 10.22 MOŽNÉ HODNOTY PRŮMĚRU PRUTU PRUŽINY V PALCÍCH | 135 |
| TAB. 10.24 HRANICE PROMĚNNÝCH PRO NÁVRH PRUŽINY | 135 |
| TAB. 10.24 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ, PŘÍPAD A | 136 |
| TAB. 10.25 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ, POMOCÍ SOMA, PŘÍPAD A | 136 |
| TAB. 10.26 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ, PŘÍPAD B | 137 |
| TAB. 10.27 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ POMOCÍ SOMA, PŘÍPAD B | 137 |
| TAB. 10.28 OBSAH INICIALIZAČNÍCH SOUBORŮ PRO SOMA A DE ALGORITMUS..... | 138 |
| TAB. 10.29 REALIZACE ÚČELOVÉ FUNKCE V JAZYCE C..... | 138 |
| TAB. 10.30 DETAILNÍ HLÁŠENÍ O VÝSLEDČÍCH OPTIMALIZACE V SOUBORU TYPU *.OUT | 140 |
| TAB. 10.31 ROZDÍL MEZI EXPERTNĚ NAVRŽENÝM A OPTIMALIZACÍ ZÍSKANÝM REAKTOREM..... | 148 |
| TAB. 10.32 OMEZENÍ AKČNÍCH VELIČIN V PREDIKTIVNÍM ŘÍZENÍ | 152 |
| TAB. 10.33 NALEZENÉ HODNOTY REGULÁTORU | 157 |
| TAB. 10.34 STRUKTURA INICIALIZAČNÍHO SOUBORU „??ANTENA.TXT“ | 161 |
| TAB. 10.35 ÚČELOVÁ FUNKCE PRO OPTIMALIZACI VYZAŘOVACÍHO POLE ANTÉNY | 162 |

| | |
|--|-----|
| TAB. 10.36 ROZDÍL MEZI NEURONOVOU SÍTÍ A KLASICKÝM POČÍTAČEM | 164 |
| TAB. 10.37 TRÉNOVACÍ MNOŽINA..... | 165 |
| TAB. 10.38 STRUKTURA INICIALIZAČNÍHO SOUBORU „??NEURON.TXT“ | 167 |
| TAB. 10.39 ÚČELOVÁ FUNKCE „NEURON“ V JAZYCE C | 167 |
| TAB. 10.40 NALEZENÉ EXTRÉMY (TOTOŽNÉ S GLOBÁLNÍM) A JEJICH SOUŘADNICE..... | 168 |
| TAB. 10.41 STRUKTURA INICIALIZAČNÍCH SOUBORŮ JEDNOTLIVÝCH IFP | 177 |
| TAB. 10.42 ÚČELOVÁ FUNKCE „MANDELBROT“ V JAZYCE C | 177 |