

Stelian Stancu

**ALGORITMI DE OPTIMIZARE
în mediul R**

Teorie și aplicații economice

Colecția
Cibernetică

**Editura ASE
București
2021**



ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI

Copyright © 2021, Editura ASE

Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate editurii.

Editura ASE

Piața Romană nr. 6, sector 1, București, România

cod 010374

www.ase.ro

www.editura.ase.ro

editura@ase.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

STANCU, STELIAN

Algoritmi de optimizare în mediul R : teorie și aplicații economice /

Stelian Stancu. – București : Editura ASE, 2021

Conține bibliografie

ISBN 978-606-34-0352-1

330

Editura ASE

Redactor, tehnoredactor și copertă: Claudia-Marinela Dumitru

Autorul își asumă întreaga responsabilitate pentru: ideile exprimate, corectitudinea științifică, originalitatea materialului și sursele bibliografice menționate.

*Parafrazându-l pe Cioran, în optimist coexistă o răutate ineficace,
dar și o bunătate satisfăcută în toată deplinătatea spiritului.*

*Doar printr-un sfârșit ai șansa de a descoperi un nou început.
Iar atunci, teama de ciclicitatea faptelor s-ar putea să-ți copleșească
speranța unui perpetuu nou început.*

*Atunci când bogăția maximă este dată de calea spre cunoaștere,
rămânând în plan secund dezideratul propriu de cunoaștere, doar
atunci poți spune că drumul vieții a fost mai important decât ținta.*

*Doar legându-ți sufletul de o carte scrisă, de un vers transcidental
timpului sau altele asemenea, doar acesta este modul de a-ți da
o șansă la nemurire.*

Cuprins

Despre autor 13

Cuvânt-înainte..... 15

Partea I. Algoritmi determinați pentru probleme de optimizare liniară și neliniară în mediul R

Capitolul 1. Optimizarea liniară în mediul R 21

1.1. Introducere 21

1.2. Optimizarea liniară utilizând pachetul "lpSolveAPI" 22

1.2.1. Minimizarea funcției $f(x)$, cu restricții liniare și cu toate variabilele reale 22

1.2.2. Minimizarea funcției $f(x)$, cu restricții liniare și cu variabile reale, binare și/sau întregi..... 23

1.2.3. Minimizarea funcției $f(x)$, cu restricții liniare și cu toate variabilele binare..... 24

1.2.4. Maximizarea funcției $f(x)$, cu restricții liniare și cu toate variabilele reale 25

1.3. Optimizarea liniară utilizând pachetul "lpSolve" 27

Capitolul 2. Optimizarea neliniară în mediul R..... 29

2.1. Introducere 29

2.2. Optimizarea neliniară fără restricții, utilizând pachetul "adagio"..... 30

2.3. Optimizarea neliniară, utilizând pachetul "Rsolnp" 32

2.3.1. Minimizarea funcției $f(x)$ pe restricții de tip egalitate..... 32

2.3.2. Minimizarea funcției $f(x)$ pe restricții de tip inegalitate..... 34

2.3.3. Minimizarea funcției $f(x)$ pe restricții de tip egalitate și inegalitate 36

2.3.4. Sensibilitatea parametrilor funcției $f(x)$ la neliniaritatea funcției obiectiv	37
2.4. Optimizarea neliniară, utilizând pachetul "Nlcoptim"	38
2.4.1. Minimizarea funcției $f(x)$ pe restricții de tip egalitate.....	39
2.4.2. Minimizarea funcției $f(x)$ pe restricții de tip inegalitate.....	40
2.5. Optimizarea neliniară, utilizând pachetul "alabama"	41
2.6. Optimizarea neliniară, utilizând pachetul "nloptr"	43
2.7. Optimizarea neliniară, utilizând pachetul "DEoptim"	46
2.8. Optimizarea neliniară, utilizând pachetul "optimx". Verificarea condițiilor Kuhn-Karush-Tucker.....	51
2.9. Optimizarea neliniară, utilizând pachetele "optimize" sau "optimise" ..	52
2.10. Determinarea minimului a 3 funcții neliniare, fără calcul de derivate, utilizând pachetul "dfoptim"	53

Partea a II-a. Algoritmi determinați pentru probleme de tip sisteme de ecuații diferențiale în mediul R. Diagrama stărilor

Capitolul 3. Optimizarea liniară și neliniară pentru probleme de tip sisteme de ecuații diferențiale în mediul R. Diagrama stărilor	57
3.1. Introducere	57
3.2. Rezolvarea unui sistem de ecuații diferențiale de ordinul 1 neliniar, utilizând pachetul "deSolve"	57
3.3. Funcția derivată a unui exemplu de sistem ODE autonom unidimensional, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR"	69
3.4. Rezolvarea unui sistem de ecuații diferențiale de ordinul 1 liniar, utilizând pachetele "dynr", "deSolve" și "phaseR". Diagrama stărilor ...	71
3.5. Rezolvarea unui sistem de ecuații diferențiale de ordinul 1 neliniar, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR". Diagrama stărilor	73
3.6. Rezolvarea unui sistem de ecuații diferențiale de ordinul 1 neliniar, cu parametri, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR". Diagrama stărilor	74

3.7. Rezolvarea unei ecuații diferențiale neliniară de ordinul 2, utilizând pachetul "deSolve"	78
3.8. Rezolvarea unei ecuații diferențiale liniară de ordinul 1, cu întârzieri, utilizând pachetul "deSolve"	82

Capitolul 4. Modele economice de creștere a populației bazate pe sisteme de ecuații diferențiale, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR". Diagrama stărilor..... 85

4.1. Introducere	85
4.2. Modelul exponențial de creștere a populației	86
4.2.1. Prezentarea modelului exponențial de creștere a populației și diagrama stărilor	86
4.2.2. Identificarea punctului de echilibru în modelul exponențial de creștere a populației	89
4.2.3. Mecanismul Lindemann în modelul exponențial de creștere a populației.....	89
4.3. Modelul logistic de creștere a populației	91
4.3.1. Prezentarea modelului logistic de creștere a populației.....	91
4.3.2. Reprezentarea diagramei stărilor pentru modelul logistic de creștere a populației	95
4.3.3. Modelul Gompertz, ca alternativă la modelul logistic.....	96
4.4. Modelul Lotka-Volterra de creștere a populației.....	97
4.5. Modelul pendulului simplu de creștere a populației	102
4.6. Modelul monomolecular de creștere a populației	106
4.6.1. Prezentarea modelului monomolecular de creștere a populației.....	106
4.6.2. Modelul Weibull, ca alternativă de model monomolecular	110
4.7. Modelul competiției dintre specii	111
4.8. Modelul lui Bertalanffy de creștere a populației.....	114
4.9. Modelul FitzHugh-Nagumo de creștere a populației	117
4.10. Modelul SIR al epidemiei, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR" ..	123
4.10.1. Introducere în optimizarea dinamică a fenomenului COVID19	123
4.10.2. Modelul SIR al epidemiei	125

4.10.3. Aplicații pe date nCOVID19, utilizând pachetul "deSolve"	128
4.11. Modelul genetic, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR"	131
4.12. Modelul oscilatorului Van der Pol, utilizând pachetele "deSolve" și "phaseR"	134

Partea a III-a. Algoritmi stochastici de optimizare în mediul R

Capitolul 5. Algoritmi stochastici de tip metaeuristic. metaheuristicOpt – pachet de optimizare euristică în mediul R.....	141
5.1. Introducere în pachetul metaheuristicOpt	141
5.2. Algoritmi de optimizare euristică specifici.....	142
5.2.1. Optimizarea utilizând algoritmul artificial al „coloniei de albine”	142
5.2.2. Optimizarea utilizând algoritmul „mușuroiului de furnici”	144
5.2.3. Optimizarea utilizând algoritmul de „ecolocalizare a ilieciilor”	145
5.2.4. Optimizarea utilizând euristica „găurilor negre”	146
5.2.5. Optimizarea utilizând algoritmul de „selecție a clonelor”	147
5.2.6. Optimizarea utilizând algoritmul de selecție a „cuibului de cuc”	149
5.2.7. Optimizarea utilizând euristica „grupurilor de pisici”	150
5.2.8. Optimizarea utilizând euristica „libelulei”	152
5.2.9. Optimizarea utilizând algoritmul evoluției diferențiale.....	154
5.2.10. Optimizarea utilizând algoritmul bazat pe „comportamentul licuriciului”	155
5.2.11. Optimizarea utilizând algoritmi genetici	156
5.2.12. Optimizarea utilizând algoritmi gravitaționali.....	158
5.2.13. Optimizarea utilizând euristica „lăcustelor”	159
5.2.14. Optimizarea utilizând euristica „lupilor gri”	160
5.2.15. Optimizarea utilizând euristica „armoniei”	162
5.2.16. Optimizarea utilizând algoritmul Krill-Herd.....	163
5.2.17. metaOpt-funcția principală de a executa algoritmi pentru obținerea de soluții optime.....	164

5.2.18. Optimizarea utilizând algoritmul de navigare a moliilor	165
5.2.19. Optimizarea utilizând euristica „roiului de particule”	167
5.2.20. Optimizarea utilizând algoritmul sin-cos	168
5.2.21. Optimizarea utilizând algoritmul „săritura broaștei”	169
5.2.22. Optimizarea utilizând euristica „balenelor”	171

Capitolul 6. Algoritmi stochastici de tip metaeuristic. MEIGOR – pachet de optimizare euristică în mediul R	173
6.1. Optimizare neliniară pe caz continuu sau mixt (continuu, binar, întreg)	173
6.1.1. Instalarea pachetului MEIGOR	173
6.1.2. Metoda avansată de căutare a scatterului, eSSR, pentru probleme pe caz continuu	174
6.1.3. Estimarea parametrilor într-o problemă de optimizare dinamică, folosind solverul local NL2SOL	180
6.2. Metoda de optimizare în numere întregi: căutarea de vecinătate variabilă (VNSR – Variable Neighbourhood Search)	182
6.3. Calculul paralel la nivelul pachetului MEIGO	184

Partea a IV-a. Algoritmi de optimizare în analiza de regresie în mediul R

Capitolul 7. Algoritmi de optimizare în regresia liniară în mediul R.....	189
7.1. Regresia liniară simplă	189
7.1.1. Prezentarea modelului de regresie liniară simplă	189
7.1.2. Intervale de încredere	191
7.2. Regresia liniară multiplă	191
7.2.1. Prezentarea modelului de regresie liniară multiplă.....	191
7.2.2. Evaluarea preciziei modelului	193
7.3. Interpretarea rezultatului în modelul de regresie liniară	195
7.4. Verificarea ipotezelor statistice în modelul de regresia liniară	196
7.4.1. Liniaritatea relației de dependență	196

7.4.2. Variația constantă a reziduurilor/erorilor	198
7.4.3. Autocorelarea erorilor. Corelația dintre numărul de observații/indivizi și numărul de variabile/caracteristici	199
7.4.4. Multicoliniaritatea variabilelor predictive	201
7.5. Regresia liniară optimă, utilizând pachetul "ols"	202
7.6. Algoritmi de învățare aplicați în regresia liniară, utilizând mediul R	206
7.6.1. Vizualizarea relației dintre variabile cu ajutorul Scatter Plot	206
7.6.2. Utilizarea BoxPlot pentru a elimina outlier-ii	207
7.6.3. Studiul normalității variabilelor	208
7.6.4. Analiza corelației dintre variabile	210
7.6.5. Construirea modelului de regresie liniară.....	210
7.6.6. Diagnosticul regresiei liniare	210
7.6.7. Alegerea modelului optim.....	212
7.6.8. Predicția la nivelul unui model liniar de regresie	214
7.6.9. Validarea k-Fold Cross	216

Capitolul 8. Algoritmi de optimizare aplicați în regresia logistică

în mediul R	217
8.1. Regresia logistică binomială	217
8.2. Regresie logistică multinomială	219
8.3. Regresie logistică ordinală e.....	220
8.4. Regresie logistică în R cu glm.....	220
8.5. Regresia logistică multiplă cu două variabile predictive continue	229
8.6. Regresia logistică multiplă cu trei variabile predictive continue	231
Bibliografie	235