

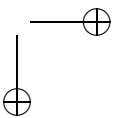
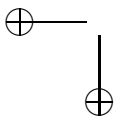
Alexey Izmailov
Mikhail Solodov

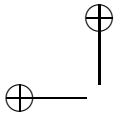
OTIMIZAÇÃO,
VOLUME II

MÉTODOS COMPUTACIONAIS

Segunda Edição

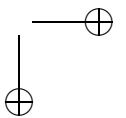
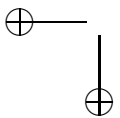
Rio de Janeiro
2010

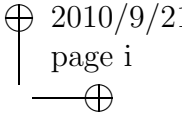
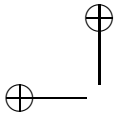




Copyright © 2010 by Alexey Izmailov and Mikhail Solodov
Direitos reservados, 2010 pela Associação Instituto
Nacional de Matemática Pura e Aplicada -IMPA
Estrada Dona Castorina 110
Rio de Janeiro, RJ 22460-320
Brazil

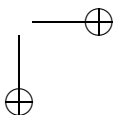
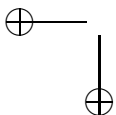
ISBN 978-85-244-0268-5

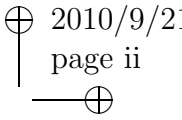
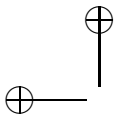




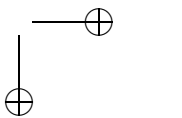
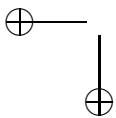
Índice

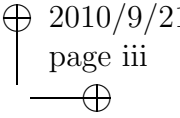
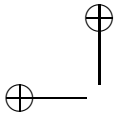
Prefácio	v
Lista de Notações	vii
1 Resumo da Teoria de Otimização	1
1.1 Existência de soluções	1
1.2 Condições de otimalidade	4
1.3 Convexidade	11
1.4 Dualidade	20
1.5 Alguns resultados da Análise e da Álgebra Linear	23
1.6 Elementos da Análise não-diferenciável	28
2 Introdução aos Métodos de Otimização	36
2.1 Classificação dos métodos. Noções de convergência.	36
2.2 Taxas de convergência. Regras de parada.	40
2.3 Métodos de otimização uni-dimensional	45
2.3.1 Método de comparação de pontos de rede	46
2.3.2 Método de bisseção. Método da seção áurea.	48
2.3.3 Interpolação polinomial	55
3 Otimização Irrestrita	57
3.1 Métodos de descida	58
3.1.1 Esquema geral dos métodos de descida. Busca linear.	58
3.1.2 O método do gradiente	75





- 3.2 O método de Newton. Métodos quase-Newton. 97
 - 3.2.1 O método de Newton para equações 98
 - 3.2.2 Método de Newton para otimização irrestrita 105
 - 3.2.3 Métodos quase-Newton 109
- 3.3 Estratégias de globalização 119
 - 3.3.1 Métodos com busca linear 119
 - 3.3.2 Métodos de regiões de confiança 124
 - 3.3.3 Métodos de continuação paramétricos 137
- 3.4 Métodos de direções conjugadas 147
 - 3.4.1 Métodos de direções conjugadas para
funções quadráticas 147
 - 3.4.2 O método dos gradientes conjugados 153
- 3.5 Métodos que não utilizam derivadas 159
- 4 Métodos para Otimização com Restrições 165**
 - 4.1 Métodos para conjuntos viáveis de estrutura simples 165
 - 4.1.1 Métodos do gradiente projetado 166
 - 4.1.2 Direções viáveis e métodos de descida 176
 - 4.1.3 Método do gradiente restrito. Método de
Newton restrito. 179
 - 4.2 Métodos de direções viáveis 183
 - 4.3 Métodos de penalização 187
 - 4.3.1 Penalização externa 188
 - 4.3.2 Penalização externa exata 206
 - 4.3.3 Penalização interna. Métodos de barreiras. 216
 - 4.4 Métodos para problemas com restrições de igualdade 224
 - 4.4.1 Métodos de Newton para o sistema de La-
grange 225
 - 4.4.2 O método de penalização quadrática 230
 - 4.4.3 Lagrangianas aumentadas e funções de pe-
nalização exata diferenciáveis 238
 - 4.5 Métodos para problemas com restrições mistas 249
 - 4.5.1 Métodos de Newton generalizados 250
 - 4.5.2 Métodos de Newton generalizados para
o sistema de Karush-Kuhn-Tucker 252
 - 4.5.3 Métodos de penalização quadrática 270

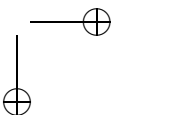
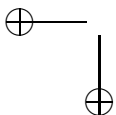


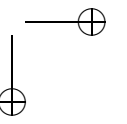
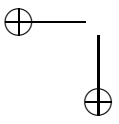
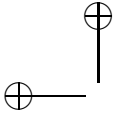


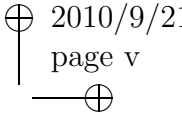
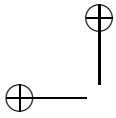
ÍNDICE

iii

4.5.4	Lagrangianas aumentadas	283
4.5.5	Penalização exata diferenciável	288
4.6	Programação quadrática seqüencial	291
4.6.1	Restrições de igualdade	292
4.6.2	Restrições mistas	296
4.6.3	Globalização de convergência de SQP	309
4.6.4	Restauração da convergência local super-linear	323
4.6.5	Outras técnicas de globalização	332
4.7	Identificação das restrições ativas	334
4.7.1	Identificação baseada em estimativas de distância à solução	336
4.7.2	Estimativas de distância à solução	341
5	Métodos para otimização não-diferenciável	344
5.1	Métodos de subgradiente	348
5.2	O método de planos cortantes	355
5.3	Métodos de feixe	362
6	Programação linear e quadrática	387
6.1	Programação linear	387
6.1.1	Elementos de teoria da programação linear	388
6.1.2	O método do simplex	400
6.1.3	Métodos de pontos interiores	414
6.2	Programação quadrática	433
6.2.1	Pontos especiais	434
6.2.2	O método de pontos especiais	436
	Referências Bibliográficas	442
	Índice Remissivo	445



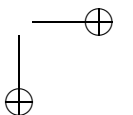
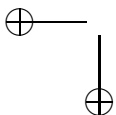


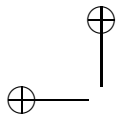


Prefácio

Este volume, voltado para métodos computacionais de Otimização, é uma continuação natural do livro [12], onde foram abordados condições de otimalidade e outros assuntos teóricos da disciplina. O presente volume é, num certo sentido, uma adaptação (porém não é uma simples tradução) do livro [11], escrito pelos autores em russo, que foi um grande sucesso e já está em sua segunda edição.

O desenvolvimento de métodos computacionais é abordado do ponto de vista matemático. Mais precisamente, o nosso foco está na explicação de idéias principais e fundamentos matemáticos de algoritmos, assim como na análise rigorosa das suas propriedades de convergência. Detalhes de implementação e prática computacional, embora comentados em algumas ocasiões, são tratados como temas complementares. Modificações sofisticadas de algoritmos básicos, que são indispensáveis para sucesso na utilização prática, com frequência não permitem análise completa de suas propriedades num livro voltado ao ensino. Em vez de ter que apresentar análise parcial ou com brechas, optamos por focar em versões de métodos um pouco mais simples, que permitem expor idéias principais e análise completa. No entanto, é importante ressaltar que, para pessoas interessadas no uso prático de algoritmos, dicas de implementação e indicações de comportamento prático são, com grande frequência, mais importantes do que teoremas abstratos de convergência e outras proprieda-





des teóricas de métodos. Na medida do possível, mas sem perder foco, fizemos um esforço para transmitir ao leitor algumas informações sobre vantagens e limitações práticas de vários algoritmos. Mas detalhes e dicas de implementação computacional, em grande parte, foram deixados fora. Recomendamos a leitores interessados nestes assuntos (que são, sem dúvida, de grande importância) consultar outras fontes, como por exemplo [5, 7, 18, 20].

Ao terminar, agradecemos a Luis Mauricio Graña Drummond pela leitura cuidadosa da versão preliminar, e a Priscilla Fernandes Pomateli pela revisão do manuscrito final.

Alexey Izmailov, Moscou, junho 2010

Mikhail Solodov, Rio de Janeiro, junho 2010

