

Bacharelado em Ciência da Computação - UFU
Disciplina: Inteligência Computacional - 2015/2
Trabalho: Algoritmo Genético e Criptoaritmética
Aluno: Bruno Well Dantas Morais 11111BCC008

Experimentos: 1000 execuções do algoritmo genético por configuração.

1ª Etapa)

Variáveis fixas:

- Tamanho da população: 50
- Indivíduo: vetor de inteiros de tamanho: 10
- Geração da população inicial: aleatória não permitindo repetições;
- Função de avaliação (Fitness): $|(SEND+MORE)-MONEY|$, para o prob. 1
- Número de gerações: 100
- Taxa de crossover: 60%
- Taxa de mutação: 10%
- Método de mutação: troca de 2 posições no vetor, dentre as 10 possíveis

Métodos utilizados:

- Seleção: (S1) Roleta (S2) Torneio de tamanho 3 (S3) Torneio de tamanho 2
- Crossover: (C1) Crossover cíclico (C2) Crossover PMX.
- Reinserção: (R1) Reinserção ordenada (melhores entre pais e filhos) (R2) Reinserção pura com elitismo de 20%

Problema: SEND + MORE = MONEY

Configuração	Convergência (%)	Tempo de execução (s)
S1, C1, R1	387	1.382917
S2, C1, R1	355	0.897236
S3, C1, R1	374	0.875184
S1, C2, R1	492	1.361900
S2, C2, R1	457	0.990553
S3, C2, R1	527	0.925566
S1, C1, R2	434	1.383165
S2, C1, R2	354	0.882111
S3, C1, R2	359	0.870256
S1, C2, R2	644	1.250245
S2, C2, R2	461	0.976687
S3, C2, R2	543	0.903337

Seed: 1442843535

Problema: EAT + THAT = APPLE

Configuração	Convergência (%)	Tempo de execução (s)
S1, C1, R1	20	1.786076
S2, C1, R1	26	1.090236
S3, C1, R1	32	1.051395
S1, C2, R1	29	2.096605
S2, C2, R1	38	1.437154
S3, C2, R1	40	1.410244
S1, C1, R2	27	1.749945
S2, C1, R2	30	1.068531
S3, C1, R2	27	1.032296
S1, C2, R2	64	2.087989
S2, C2, R2	29	1.422648
S3, C2, R2	44	1.387576

Seed: 1442844316

Problema: CROSS + ROADS = DANGER

Configuração	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
S1, C1, R1	7	1.872290
S2, C1, R1	7	1.217070
S3, C1, R1	5	1.183956
S1, C2, R1	10	2.200483
S2, C2, R1	2	1.548119
S3, C2, R1	8	1.502171
S1, C1, R2	4	1.910026
S2, C1, R2	8	1.195252
S3, C1, R2	4	1.153979
S1, C2, R2	6	2.240087
S2, C2, R2	3	1.567369
S3, C2, R2	9	1.522702

Seed: 1442844564

Problema: DONALD + GERALD = ROBERT

Configuração	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
S1, C1, R1	7	1.938365
S2, C1, R1	4	1.267787
S3, C1, R1	13	1.225058
S1, C2, R1	9	2.244980
S2, C2, R1	10	1.576825
S3, C2, R1	6	1.560916
S1, C1, R2	8	1.935230
S2, C1, R2	7	1.241569
S3, C1, R2	9	1.203825
S1, C2, R2	15	2.282375
S2, C2, R2	9	1.559182
S3, C2, R2	9	1.536718

Seed: 1442844744

Problema: COCA + COLA = OASIS

Configuração	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
S1, C1, R1	44	1.766709
S2, C1, R1	36	1.101271
S3, C1, R1	37	1.071847
S1, C2, R1	50	2.116641
S2, C2, R1	42	1.488728
S3, C2, R1	43	1.473617
S1, C1, R2	44	1.764636
S2, C1, R2	29	1.087164
S3, C1, R2	36	1.052354
S1, C2, R2	54	2.157254
S2, C2, R2	41	1.486623
S3, C2, R2	46	1.457684

Seed: 1442844655

Verifica-se que a configuração S1, C2, R2 apresenta a melhor convergência em 4 dos 5 problemas, e portanto, será a configuração usada na próxima etapa. E também, a única divergência foi insignificante, encontrada no método de reinserção no problema CROSS + ROADS.

2ª Etapa)

Para a melhor configuração na etapa anterior (considerando-se os cinco problemas), avaliar algumas variações nos parâmetros:

- Tamanho da população: 50, 100, 200
- Número de gerações: 50, 100
- Taxa de crossover: 60%, 80%
- Taxa de mutação: 10%, 20%

Problema: SEND + MORE = MONEY

Parâmetros	Conver gência (%)	Tempo de execução (s)
P50, G50, C60, M10	597	0.860115
P50, G50, C60, M20	654	0.853791
P50, G50, C80, M10	669	1.022513
P50, G50, C80, M20	743	1.029730
P50, G100, C60, M10	656	1.235249
P50, G100, C60, M20	736	1.146887
P50, G100, C80, M10	733	1.429659
P50, G100, C80, M20	841	1.291686
P100, G50, C60, M10	858	1.772552
P100, G50, C60, M20	872	1.800933
P100, G50, C80, M10	890	2.068301
P100, G50, C80, M20	920	2.085807
P100, G100, C60, M10	875	2.175465
P100, G100, C60, M20	923	2.006347
P100, G100, C80, M10	929	2.422005
P100, G100, C80, M20	968	2.281973
P200, G50, C60, M10	980	4.431133
P200, G50, C60, M20	985	5.811154
P200, G50, C80, M10	985	6.787684
P200, G50, C80, M20	983	6.419868
P200, G100, C60, M10	979	6.375006
P200, G100, C60, M20	993	6.258174
P200, G100, C80, M10	983	7.246942
P200, G100, C80, M20	998	7.445189

Seed: 1442846489

Problema: EAT + THAT = APPLE

Parâmetros	Conver gência (%)	Tempo de execução (s)
P50, G50, C60, M10	54	1.121097
P50, G50, C60, M20	86	1.124062
P50, G50, C80, M10	87	1.466734
P50, G50, C80, M20	93	1.507997
P50, G100, C60, M10	71	2.077968
P50, G100, C60, M20	81	2.126382
P50, G100, C80, M10	94	2.767042
P50, G100, C80, M20	140	2.806415
P100, G50, C60, M10	136	2.895737
P100, G50, C60, M20	183	2.869403
P100, G50, C80, M10	177	3.818043
P100, G50, C80, M20	182	3.870620
P100, G100, C60, M10	141	5.389580
P100, G100, C60, M20	178	5.406639
P100, G100, C80, M10	208	7.062951
P100, G100, C80, M20	271	8.193167
P200, G50, C60, M10	274	10.134853
P200, G50, C60, M20	300	10.005368
P200, G50, C80, M10	315	13.961465
P200, G50, C80, M20	336	14.437742
P200, G100, C60, M10	282	20.930605
P200, G100, C60, M20	390	18.545355
P200, G100, C80, M10	365	20.108481
P200, G100, C80, M20	411	19.667020

Seed: 1442847296

Problema: CROSS + ROADS = DANGER

Parâmetros	Conver gência (‰)	Tempo de execução (s)
P50, G50, C60, M10	5	1.225226
P50, G50, C60, M20	4	1.239946
P50, G50, C80, M10	4	1.611629
P50, G50, C80, M20	8	1.649265
P50, G100, C60, M10	6	2.270940
P50, G100, C60, M20	6	2.324188
P50, G100, C80, M10	7	3.054671
P50, G100, C80, M20	7	3.141363
P100, G50, C60, M10	8	3.268705
P100, G50, C60, M20	9	3.312744
P100, G50, C80, M10	11	4.372971
P100, G50, C80, M20	15	4.456617
P100, G100, C60, M10	8	6.154456
P100, G100, C60, M20	7	6.257643
P100, G100, C80, M10	7	8.366357
P100, G100, C80, M20	8	8.523073
P200, G50, C60, M10	23	9.661640
P200, G50, C60, M20	13	12.882752
P200, G50, C80, M10	14	13.302747
P200, G50, C80, M20	11	18.548463
P200, G100, C60, M10	19	35.748673
P200, G100, C60, M20	20	28.755090
P200, G100, C80, M10	14	36.743891
P200, G100, C80, M20	15	37.230618

Seed: 1442847718

Problema: COCA + COLA = OASIS

Parâmetros	Conver gência (‰)	Tempo de execução (s)
P50, G50, C60, M10	53	1.140137
P50, G50, C60, M20	66	1.155027
P50, G50, C80, M10	58	1.507625
P50, G50, C80, M20	57	1.547399
P50, G100, C60, M10	51	2.132509

P50, G100, C60, M20	70	2.157738
P50, G100, C80, M10	49	2.883973
P50, G100, C80, M20	73	2.922488
P100, G50, C60, M10	97	2.978081
P100, G50, C60, M20	120	2.968344
P100, G50, C80, M10	131	3.890162
P100, G50, C80, M20	123	3.970534
P100, G100, C60, M10	113	5.525322
P100, G100, C60, M20	119	5.564237
P100, G100, C80, M10	109	7.533763
P100, G100, C80, M20	131	7.727169
P200, G50, C60, M10	214	12.197619
P200, G50, C60, M20	260	17.896199
P200, G50, C80, M10	212	18.696141
P200, G50, C80, M20	222	15.057999
P200, G100, C60, M10	237	22.757728
P200, G100, C60, M20	228	26.636494
P200, G100, C80, M10	199	27.212122
P200, G100, C80, M20	230	37.262524

Seed: 1442848086

Problema: DONALD + GERALD = ROBERT

Parâmetros	Conver gência (‰)	Tempo de execução (s)
P50, G50, C60, M10	13	1.223056
P50, G50, C60, M20	15	1.240568
P50, G50, C80, M10	11	1.617285
P50, G50, C80, M20	16	1.642832
P50, G100, C60, M10	13	2.286286
P50, G100, C60, M20	14	2.327185
P50, G100, C80, M10	21	3.043867
P50, G100, C80, M20	29	3.103516
P100, G50, C60, M10	34	3.240974
P100, G50, C60, M20	35	3.272866
P100, G50, C80, M10	32	4.317933
P100, G50, C80, M20	30	4.409216
P100, G100, C60, M10	32	6.094884
P100, G100, C60, M20	46	6.133532

P100, G100, C80, M10	41	8.182827
P100, G100, C80, M20	57	9.232177
P200, G50, C60, M10	55	13.338006
P200, G50, C60, M20	59	15.195825
P200, G50, C80, M10	78	19.876633
P200, G50, C80, M20	95	20.135420
P200, G100, C60, M10	79	30.845096
P200, G100, C60, M20	96	27.796887
P200, G100, C80, M10	86	29.258225
P200, G100, C80, M20	126	40.718096

Seed: 1442848448

Com base nos dados obtidos, podemos concluir que:

- o aumento da população foi benéfico para todos os problemas;
- a diminuição das gerações não se mostrou significativa para 2 problemas;
- o aumento da taxa de crossover foi benéfico para 3 problemas;
- o aumento da taxa de mutação foi benéfico para 4 problemas.

Assim, o melhor conjunto de parâmetros é P200, G100, C80, M20, presente em 3 problemas.

3ª Etapa)

Nesta etapa foram implementados novos métodos combinados aos melhores parâmetros da etapa anterior a fim de obter uma maior taxa de convergência.

Duas novas funções de avaliação:

- função número de dígitos incorretos: incrementa-se a aptidão para cada soma entre dígitos (e vai-um) mod10 que não resulte no dígito correspondente da terceira palavra.
- função soma vezes número de dígitos incorretos: uma combinação da função de avaliação original e a função implementada nesta etapa.

Novo método de seleção:

- “oportunidade estocástica”: semelhante à roleta, um indivíduo qualquer é testado de acordo com o intervalo de aptidões da população. Caso sua aptidão não seja suficiente para “aproveitar a oportunidade”, testa-se outro indivíduo e assim por diante.

Novo método de inserção de indivíduos:

- “sem sócias”: elimina-se a possibilidade de existirem na população, em qualquer momento, indivíduos com mesmo fenótipo. Para isso, é aplicada mutação num indivíduo filho sempre que seu fenótipo é encontrado na população atual ou na lista de novos indivíduos.

Parâmetros avaliados nesta etapa:

Função de avaliação: (A1) função original (A2) função dígitos incorretos (A3) função A1 vezes A2

Método de seleção: (S1) roleta (S4) “oportunidade estocástica”

Inserção de indivíduos: (Ins1) método simples (Ins2) método “sem sócias”

Problema: SEND + MORE = MONEY

Parâmetros	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
A1, S1, Ins1	997	3.032253
A1, S1, Ins2	1000	7.592875
A1, S4, Ins1	979	2.194685
A1, S4, Ins2	1000	5.716701
A2, S1, Ins1	751	7.364897
A2, S1, Ins2	1000	7.399275
A2, S4, Ins1	719	7.278915
A2, S4, Ins2	1000	10.669401
A3, S1, Ins1	1000	3.964818
A3, S1, Ins2	1000	8.442863
A3, S4, Ins1	981	2.909724
A3, S4, Ins2	1000	7.270462

Seed: 1442893489

Problema: EAT + THAT = APPLE

Parâmetros	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
A1, S1, Ins1	421	11.732392
A1, S1, Ins2	653	29.614489
A1, S4, Ins1	267	9.704786
A1, S4, Ins2	624	27.464357
A2, S1, Ins1	253	15.790470
A2, S1, Ins2	581	32.743863
A2, S4, Ins1	257	13.530395
A2, S4, Ins2	694	31.806093
A3, S1, Ins1	410	27.206488
A3, S1, Ins2	675	42.162967
A3, S4, Ins1	287	17.283205
A3, S4, Ins2	641	38.403224

Seed: 1442893685

Problema: CROSS + ROADS = DANGER

Parâmetros	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
A1, S1, Ins1	16	17.903030
A1, S1, Ins2	48	55.604846
A1, S4, Ins1	16	15.430391

A1, S4, Ins2	42	65.586954
A2, S1, Ins1	64	29.823647
A2, S1, Ins2	317	47.388405
A2, S4, Ins1	45	18.708823
A2, S4, Ins2	234	51.011802
A3, S1, Ins1	20	25.520622
A3, S1, Ins2	57	78.772431
A3, S4, Ins1	17	31.869041
A3, S4, Ins2	41	66.507608

Seed: 1442894077

Problema: COCA + COLA = OASIS

Parâmetros	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
A1, S1, Ins1	262	13.399038
A1, S1, Ins2	665	29.138984
A1, S4, Ins1	141	11.189138
A1, S4, Ins2	533	30.981647
A2, S1, Ins1	404	13.561187
A2, S1, Ins2	969	14.559770
A2, S4, Ins1	340	16.876380
A2, S4, Ins2	965	30.919410
A3, S1, Ins1	331	23.028559
A3, S1, Ins2	787	33.270166
A3, S4, Ins1	152	16.909780
A3, S4, Ins2	704	36.986290

Seed: 1442894868

Problema: DONALD + GERALD = ROBERT

Parâmetros	Convergência (‰)	Tempo de execução (s)
A1, S1, Ins1	113	17.993641
A1, S1, Ins2	273	46.390949
A1, S4, Ins1	111	14.009390
A1, S4, Ins2	258	42.106939
A2, S1, Ins1	162	20.865214
A2, S1, Ins2	932	38.921549
A2, S4, Ins1	159	25.222787
A2, S4, Ins2	850	44.403505

A3, S1, Ins1	137	32.465901
A3, S1, Ins2	387	76.488111
A3, S4, Ins1	120	23.533226
A3, S4, Ins2	316	67.962759

Seed: 1442895359

Conclusões:

- A2 foi a melhor função de avaliação para 4 problemas, enquanto o primeiro problema não se beneficiou do aumento de complexidade.
- S4 teve desempenho inferior a S1 de modo geral, mas compõe a melhor configuração em um dos problemas.
- Ins2 apresentou melhoria de convergência em todos os casos, e muitas vezes o aumento no tempo de execução foi insignificante se comparado ao aumento da convergência. Isso ocorre devido à garantia de que há variedade genética significativa na população.