

Algoritmos Bioinspirados

Trabalho Prático

Problema da dieta restrita em calorias

José Venâncio Júnior
Thiago Adriano da Silva

Abril de 2021

1 Introdução

Durante anos de pesquisa, foi descoberto que as calorias presentes nas dietas estava diretamente ligada ao aumento de peso de um indivíduo, ou ainda mais, altos índices calóricos podem ser responsável por um grande número de doenças crônicas, como doenças cardíacas, por exemplo.

Disto isto, sendo difícil produzir dietas com restrições calóricas em que ainda assim, todos os nutrientes necessários para o bom funcionamento do metabolismo humano, sendo estes proteínas, zinco, ferro, potássio, entre outros, este trabalho foca no Problema da Dieta Restrita em Calorias (PDRC), esta sendo uma adaptação do problema de pesquisa operacional originalmente denominado Problema da Dieta (PD), onde é visado a construção de uma dieta para um homem de 70 Kg respeitando as quantidades mínimas de todos os nutrientes necessários.

O PDRC, por sua vez, aplica as mesmas restrições do PD, com adição da restrição em que o consumo de calorias na dieta deve ser minimizado o máximo possível, de modo que os nutrientes providos sejam suficiente para manter o indivíduo saudável e que as calorias ingeridas sejam minimizadas de modo a saúde do indivíduo seja mantida.

2 Metodologia

A fim de realizar este estudo, um algoritmo genético (AG) foi implementado na linguagem *Python*, no qual visamos encontrar soluções próximas de $1200kcal$. A classificação dos diversos produtos da base, bem como as exigências de cada nutriente e a representação dos indivíduos da população, seguem a mesma lógica utilizada no artigo [?].

$$\min |1200 - \sum_i kcal_i p_i y_i|, \forall i \in T \quad (1)$$

A equação 1 evidencia uma função objetivo sem penalização, esta aplicada à indivíduos que não ferem as restrições, em que y é uma variável de decisão binária tal que $y_i = 1$

se o alimento $i \in T$ for incluído na dieta e $y_i = 0$ caso contrário. As variáveis auxiliares $p_i \in \mathbb{R}_+$ representa a quantidade de alimento $i \in T$ a ser ingerida. m_{ij} representa a quantidade de nutriente $j \in N$ que está contida no alimento $i \in T$, e b_j seja a exigência mínima no nutriente $j \in N$, e por último, $kcal_i$ representa a contagem de calorias de uma porção de alimentos $i \in T$.

$$\min |Kcal - 1200| + \sum_j \left(\frac{|\sum_{i \in F} (m_{ij} p_i y_i) - b_j|}{b_j} \right) \cdot M, \forall j \in N \quad (2)$$

A equação 2 é aplicada na avaliação de um indivíduo quando o mesmo viola as restrições impostas pelo problema, logo representando uma solução inválida, onde m_{ij} representa a quantidade de nutriente $j \in N$ no produto $i \in F$, M é um número grande constante, usado como taxa de penalização para restrições violadas. Tanto p_i , y_i , quanto b_j são os mesmos da equação anterior, 1.

2.1 Representação

Para a representação do algoritmo genético, é utilizado dois vetores de 17 posições, onde cada posição do vetor I guarda um índice de um alimento específico, e cada índice do vetor P guarda a porção do alimento referenciado no vetor I . Esta representação, leva em consideração que há 6 refeições no dia:

- I Café da Manhã
- II Lanche
- III Almoço
- IV Lanche
- V Jantar
- VI Ceia

Onde, (i) ocupam 3 espaços de tipos de alimento, um para bebidas, outro para frutas e o último para carboidratos do tipo 1. (ii) ocupa apenas uma porção e pode conter tanto frutas quanto lácteos. (iii) ocupa a maior parcela de espaço, tomando para si 6 espaços, onde podem ser consumidos carboidratos do tipo 2, grãos, vegetais (2x), proteínas e sucos. (iv) ocupam dois espaços, onde o primeiro pode ser preenchido com bebidas ou sucos e o segundo pode ser preenchido com carboidratos do tipo 2. (v) leva para si 4 espaços onde podem ser comidas carboidratos do tipo 2, grãos, vegetais e proteínas. Por último, (vi) representa a ceia, onde pode ser ingerido frutas ou legumes.

2.2 Seleção de pais

Para a seleção de pais, é utilizado o torneio, onde indivíduos da população são escolhidos dois a dois aleatoriamente, entre os dois, o indivíduo que tiver maior *fitness* é escolhido para ser um dos pais. Este processo se repete até que se tenha X pais selecionados, sendo X o tamanho da população.

2.3 Cruzamento

Para o operador de cruzamento, por cada solução ser composta de 6 refeições, é escolhida aleatoriamente uma entre elas para ser trocada entre os dois indivíduos p_1 e p_2 . Desta forma, um número r_1 aleatório é gerado no intervalo 1-6 é gerado, e então outro número aleatório $r_2 \in [0, 1]$ é gerado. Caso r_2 seja menor que a taxa de cruzamento Tc , então p_1 troca a refeição r_1 com p_2 . Caso contrário, nada acontece.

2.4 Mutação

Pela estrutura do indivíduo ser composta por dois vetores, um com números inteiros e outro com valor real, diferentes operadores de mutação são definidos:

O primeiro operador, aplicado no vetor de porções, é iterado sobre este vetor e segundo a probabilidade de mutação, um novo valor para o índice sendo iterado pode ser gerado.

Para o vetor que guarda os índices dos alimentos, ao ser iterado, para cada posição, caso a probabilidade de mutação seja contemplada, um novo índice gerado aleatoriamente é obtido através do mesmo intervalo original.

2.5 Mecanismo de preservação do mais apto

O operador que seleciona os indivíduos que serão mantidos para a próxima geração é o **elitismo**, onde o indivíduo mais apto possível é preservado para fazer parte da próxima geração.

3 Análise de Resultados

Inicialmente, foi realizado um teste fatorial paralelizado. Como se tratam de algoritmos estocásticos, é necessário a execução de cada experimento repetidamente. Assim, é possível minimizar o erro estatístico devido a estocasticidade. Dessa forma, cada experiência foi repetida 30 vezes. O teste utilizou as seguintes combinações de parâmetros e seus respectivos intervalos, totalizando 81 execuções:

- *Tamanho da População* (NPOP): {10, 50, 100}
- *Número de Gerações* (NGER): {25, 50, 100}
- *Taxa de Cruzamento* (TC): {0.4, 0.6, 0.8}
- *Taxa de Mutação* (TM): {0.1, 0.2, 0.4}

O Quadro 1 mostra as 20 melhores execuções do teste fatorial. Como podemos, nosso algoritmo obteve soluções extremamente boas, pois além de obedecerem todos os requisitos de nutrientes (Tabela 1), obtivemos dietas com calorias bem próximas a 1200. Percebe-se ainda que, uma taxa de mutação de mutação baixa e uma taxa de cruzamento alto, no caso, 0.1 e 0.8, respectivamente, está presente na maioria das execuções, o que nos leva a concluir que estes parâmetros podem ser de grande influência para obtermos uma boa

solução. Além disso, se compararmos nossa solução com as do artigo [0], fica claro que, em todos os aspectos ($Kcal/Media/Mediana/Std$), nosso AG se sobressai

Top-10 Execuções							
NPOP	NGER	TC	TM	KCAL	MD	ME	STD
10.0	25.0	0.8	0.1	1202.0	1355.0	1385.0	154.0
50.0	25.0	0.8	0.1	1210.0	1403.0	1387.0	122.0
50.0	100.0	0.8	0.1	1212.0	1357.0	1339.0	87.0
100.0	50.0	0.4	0.1	1212.0	1380.0	1383.0	165.0
50.0	100.0	0.4	0.2	1215.0	1296.0	1392.0	196.0
50.0	50.0	0.4	0.2	1216.0	1400.0	1375.0	144.0
100.0	25.0	0.8	0.4	1222.0	1518.0	1506.0	160.0
50.0	100.0	0.6	0.4	1224.0	1460.0	1412.0	111.0
100.0	25.0	0.6	0.1	1226.0	1397.0	1387.0	117.0
100.0	50.0	0.8	0.1	1227.0	1321.0	1406.0	167.0

Figure 1: Top-10 Execuções

Tabela 3: Experimento fatorial completo para as combinações de parâmetros no AG								
parâmetros					função de aptidão			
tamanho da população	gerações	T_c	T_m		média	melhor	pior	desvio padrão
25	100	0.4	0.1		1700.87	1521.29	1901.60	101.59
25	100	0.4	0.2		1687.86	1523.81	1924.72	88.60
25	100	0.4	0.4		1633.05	1499.16	1766.22	78.22
25	100	0.6	0.1		1733.08	1589.98	1944.90	90.73
25	100	0.6	0.2		1692.86	1542.77	2021.99	105.56
25	100	0.6	0.4		1689.71	1577.80	1906.35	89.46
25	100	0.8	0.1		1810.93	1649.92	2118.26	113.46
25	100	0.8	0.2		1800.41	1642.96	2177.98	134.43
25	100	0.8	0.4		1673.61	1523.31	1844.99	79.76
50	50	0.4	0.1		1625.12	1493.95	1730.74	59.85
50	50	0.4	0.2		1613.22	1510.87	1745.90	70.85
50	50	0.4	0.4		1573.24	1502.42	1670.32	45.69
50	50	0.6	0.1		1653.93	1512.32	1884.84	91.96
50	50	0.6	0.2		1585.31	1490.97	1759.37	56.37
50	50	0.6	0.4		1559.18	1455.63	1719.59	50.21
50	50	0.8	0.1		1701.09	1556.31	2014.89	97.56
50	50	0.8	0.2		1638.59	1491.00	1745.03	61.45
50	50	0.8	0.4		1575.94	1489.88	1671.66	47.49
100	25	0.4	0.1		1570.93	1478.75	1712.36	53.55
100	25	0.4	0.2		1545.23	1480.75	1637.88	40.96
100	25	0.4	0.4		1521.24	1458.25	1604.91	36.76
100	25	0.6	0.1		1564.83	1475.97	1704.33	51.84
100	25	0.6	0.2		1541.84	1446.20	1674.73	42.90
100	25	0.6	0.4		1528.26	1472.25	1614.64	38.01
100	25	0.8	0.1		1583.18	1500.58	1756.36	57.93
100	25	0.8	0.2		1562.61	1461.35	1658.88	45.34
100	25	0.8	0.4		1524.66	1469.55	1619.58	40.51

Figure 2: Top-Execuções do artigo reproduzido

4 Informações sobre a Melhor Solução obtida

Table 1: Nutrientes

Melhor Solução									
Pt	C	Df	Ca	Mg	Mn	P	Fe	Na	Zn
114.8	301.8	58.8	1853.7	542.1	3.3	1587.4	22.9	1936.3	28.5

Table 2: Alimentos

Melhor Solução	
Café da Manhã	
Iogurte sabor pêssego, 98ml	Carambola crua 123g
Curau milho verde, 63g	
Lanche da Manhã	
Romã crua, 288g	
Almoço	
Batata inglesa, cozida, 216g	Feijão preto, cozido, 203g
Brócolis, cozido, 68g	Brócolis cru, 153g
Caranguejo, cozido, 86g	Limão, cravo, suco, 163ml
Lanche da Manhã	
Laranja, baía, suco, 132ml	Pão, milho, forma, 116g
Jantar	
Batata, inglesa, sauté, 106g	Feijão, roxo, cozido, 136g
Cará, cozido, 128g	Caranguejo, cozido, 264g
Lanche da Manhã	
Laranja, baía, crua, 174g	

5 Referências

Silva, *João and Barbosa, Helio and Carvalho, Iago and Vieira, Vinicius and Xavier, Carolina*. [Um estudo comparativo entre um algoritmo genético e um algoritmo de evolução diferencial para o problema da dieta restrita em calorias]. 08, 2017.