

Possível solução usando algoritmos genéticos

1- Natureza do problema

É um problema de maximização (do lucro final) e tem apenas um critério a ser otimizado.

2- Conjunto de variáveis e codificação

As variáveis manipuláveis que afetam a função objetivo são: a quantidade de carga (peso) que de cada uma das quatro possíveis que será transportada em cada um dos três compartimentos de carga. Desta forma teremos 12 variáveis manipuláveis que podem ser representadas por uma matriz $P_{m \times n}$ onde m é o número de cargas [1,4] e n o número de compartimentos {D,C,T}.

$$P_{m \times n} = \begin{pmatrix} p_{1D} & p_{1C} & p_{1T} \\ p_{2D} & p_{2C} & p_{2T} \\ p_{3D} & p_{3C} & p_{3T} \\ p_{4D} & p_{4C} & p_{4T} \end{pmatrix}$$

Nesta representação, por exemplo, o elemento p_{iD} é a quantidade de carga do tipo C1 que é transportado no compartimento dianteiro.

Cada variável só pode tomar valores inteiros (em Kg, não em toneladas) e o limite inferior para todas é 0. O limite superior é dado pela máxima capacidade de cada compartimento. Logo, $p_{iD} \leq 10000$; $p_{iC} \leq 16000$; $p_{iT} \leq 8000$, $i = 1..4$. Utilizando a representação binária natural, o número mínimo de bits para representar estes limites é, respectivamente, 14, 14 e 13, o que perfaz um cromossomo de 151 bits. O espaço de busca associado é $2^{151} \approx 2,85 \times 10^{45}$, certamente muito grande para ser varrido por métodos de busca enumerativos.

3- Função objetivo e função de fitness

Deseja-se maximizar o lucro gerado pelo transporte das cargas. Este lucro é o somatório do produto da quantidade de cada carga transportada pelo lucro líquido que gera cada uma.

Em termos matemáticos, a função objetivo é: $lucro = \sum_{i=1}^4 (p_{iD} + p_{iC} + p_{iT})L_i$, onde L_i é o lucro líquido por tonelada transportada da carga C_i . É possível tomar a função de *fitness* como sendo a função objetivo, já que o princípio da não-negatividade é garantido. Da função de *fitness* deverá ser subtraído a parcela correspondente à penalidade imposta pela violação das restrições, discutida no item 5.

4- Restrições do problema

a) Restrições de peso nos compartimentos do avião:

- Compartimento dianteiro: $p_{1D} + p_{2D} + p_{3D} + p_{4D} \leq 10$
- Compartimento central: $p_{1C} + p_{2C} + p_{3C} + p_{4C} \leq 16$
- Compartimento traseiro: $p_{1T} + p_{2T} + p_{3T} + p_{4T} \leq 8$

b) Restrições de volume nos compartimentos do avião:

- Compartimento dianteiro: $p_{1D} .480 + p_{2D} .650 + p_{3D} .580 + p_{4D} .390 \leq 6800$
- Compartimento central: $p_{1C} .480 + p_{2C} .650 + p_{3C} .580 + p_{4C} .390 \leq 8700$
- Compartimento traseiro: $p_{1T} .480 + p_{2T} .650 + p_{3T} .580 + p_{4T} .390 \leq 5300$

c) Cargas máximas que podem ser transportadas:

- Carga C1 máxima: $p_{1D} + p_{1C} + p_{1T} \leq 18$
- Carga C2 máxima: $p_{2D} + p_{2C} + p_{2T} \leq 15$
- Carga C3 máxima: $p_{3D} + p_{3C} + p_{3T} \leq 23$

- Carga C4 máxima: $p_{4D} + p_{4C} + p_{4T} \leq 12$
- d) Equilíbrio de peso nos compartimentos: $(p_{1D} + p_{2D} + p_{3D} + p_{4D})/10 = (p_{1C} + p_{2C} + p_{3C} + p_{4C})/16 = (p_{1T} + p_{2T} + p_{3T} + p_{4T})/8$

5- Satisfação das restrições

Existem várias alternativas de satisfazer as restrições, sendo que a mais simples (e, talvez, a mais ineficiente) delas é simplesmente não permitir a existência de indivíduos que não satisfaçam qualquer das restrições. Uma outra possibilidade é modificar a forma de codificação, utilizando números inteiros (e não binários). Se esta abordagem for utilizada, as restrições do item 4c desaparecem pois a própria codificação estabelece os limites dados na especificação do problema.

Devido ao caráter didático deste problema e, em função da forma de codificação adotada (binário natural) é mais interessante utilizar a técnica de penalidades sugerida por Goldberg (pag. 85). A definição das funções de restrição segue o mesmo procedimento do exercício 1, porém deve ser observado que neste exercício a função objetivo não está normalizada no intervalo $[0,1]$ e há diferenças de escala entre as funções de restrição. Sugere-se definir empiricamente o valor do coeficiente de penalidade r .

6- Solução final

	compartimento dianteiro	compartimento central	compartimento traseiro	Totais	Contribuição no lucro
quantidade carga1	0,000	0,000	0,000	0	R\$0,00
quantidade carga2	0,000	7,000	8,000	15	R\$5.700,00
quantidade carga3	10,000	9,000	0,000	19	R\$6.650,00
quantidade carga4	0,000	0,000	0,000	0	R\$0,00
Total	10	16	8		

LUCRO TOTAL	R\$12.350,00
------------------------	--------------