

João Victor Mergner Scaravonatti

Roteiro de resolução do problema das cargas do avião

Natureza do problema

Maximização de lucro.

Conjunto de variáveis

Serão definidas **12 variáveis**, cada uma representando um tipo de carga e sua localização no avião:

- C1D: carga 1 no compartimento dianteiro;
- C2D: carga 2 no compartimento dianteiro;
- C3D: carga 3 no compartimento dianteiro;
- C4D: carga 4 no compartimento dianteiro;
- C1C: carga 1 no compartimento central;
- C2C: carga 2 no compartimento central;
- C3C: carga 3 no compartimento central;
- C4C: carga 4 no compartimento central;
- C1T: carga 1 no compartimento traseiro;
- C2T: carga 2 no compartimento traseiro;
- C3T: carga 3 no compartimento traseiro;
- C4T: carga 4 no compartimento traseiro;

Limites superiores de cada variável

Cada variável terá seu peso máximo calculado de acordo com a capacidade do seu compartimento:

- C1D: 10000kg;
- C2D: 10000kg;
- C3D: 10000kg;
- C4D: 10000kg;
- C1C: 16000kg;
- C2C: 13384kg;
- C3C: 15000kg;
- C4C: 12000kg;
- C1T: 8000kg;
- C2T: 8000kg;
- C3T: 8000kg;
- C4T: 8000kg;

Função objetivo

A função objetivo será formulada da seguinte maneira:

$$\text{lucro} (C1D, C2D, C3D, C4D, C1C, C2C, C3C, C4C, C1T, C2T, C3T, C4T) = ((C1D + C1C + C1T) * 0.31) + ((C2D + C2C + C2T) * 0.38) + ((C3D + C3C + C3T) * 0.35) + ((C4D + C4C + C4T) * 0.285).$$

Função fitness

Calculando máximo de lucro através dos máximo de cada carga, obtemos 42565.92, e a função fitness será equivalente à função objetivo normalizada com esse valor obtido:

$$\text{fitness} (C1D, C2D, C3D, C4D, C1C, C2C, C3C, C4C, C1T, C2T, C3T, C4T) = (((C1D + C1C + C1T) * 0.31) + ((C2D + C2C + C2T) * 0.38) + ((C3D + C3C + C3T) * 0.35) + ((C4D + C4C + C4T) * 0.285)) / 42565.92.$$

Restrições do problema

1. Peso máximo no compartimento dianteiro: $(C1D + C2D + C3D + C4D) \leq 10000\text{kg}$;
2. Peso máximo no compartimento central: $(C1C + C2C + C3C + C4C) \leq 16000\text{kg}$;
3. Peso máximo no compartimento traseiro: $(C1T + C2T + C3T + C4T) \leq 8000\text{kg}$;
4. Volume máximo no compartimento dianteiro: $((C1D * 0.480) + (C2D * 0.650) + (C3D * 0.580) + (C4D * 0.390)) \leq 6800\text{m}^3$;
5. Volume máximo no compartimento central: $((C1C * 0.480) + (C2C * 0.650) + (C3C * 0.580) + (C4C * 0.390)) \leq 8700\text{m}^3$;
6. Volume máximo no compartimento traseiro: $((C1T * 0.480) + (C2T * 0.650) + (C3T * 0.580) + (C4T * 0.390)) \leq 5300\text{m}^3$;
7. Peso máximo total da carga 1: $(C1D + C1C + C1T) \leq 18000\text{kg}$;
8. Peso máximo total da carga 2: $(C2D + C2C + C2T) \leq 15000\text{kg}$;
9. Peso máximo total da carga 3: $(C3D + C3C + C3T) \leq 23000\text{kg}$;
10. Peso máximo total da carga 4: $(C4D + C4C + C4T) \leq 12000\text{kg}$;
11. Proporção do peso do compartimento dianteiro: $\text{PESO_TOTAL_DIANTEIRO} / \text{PESO_TOTAL} = 0.29411764706$;
12. Proporção do peso do compartimento central: $\text{PESO_TOTAL_CENTRAL} / \text{PESO_TOTAL} = 0.47058823529$;
13. Proporção do peso do compartimento traseiro: $\text{PESO_TOTAL_TRASEIRO} / \text{PESO_TOTAL} = 0.23529411765$;

Satisfação das restrições

No total existem dez restrições, portanto cada penalização terá 1/13 de impacto na somatória final.

1. $\max\{0, \text{PESO_TOTAL_DIANTEIRO} - 10000\} / (10000 / 13)$;
2. $\max\{0, \text{PESO_TOTAL_CENTRAL} - 16000\} / (16000 / 13)$;
3. $\max\{0, \text{PESO_TOTAL_TRASEIRO} - 8000\} / (8000 / 13)$;
4. $\max\{0, (((c1d * 0.480) + (c2d * 0.650) + (c3d * 0.580) + (c4d * 0.390)) - 6800)) / (6800 / 13)$;
5. $\max\{0, (((c1c * 0.480) + (c2c * 0.650) + (c3c * 0.580) + (c4c * 0.390)) - 8700)) / (8700 / 13)$;

6. $\max\{0, (((c1t * 0.480) + (c2t * 0.650) + (c3t * 0.580) + (c4t * 0.390)) - 5300))\} / (5300 / 13);$
7. $\max\{0, (c1d + c1c + c1t) - 18000\} / (18000 / 13);$
8. $\max\{0, (c2d + c2c + c2t) - 15000\} / (15000 / 13);$
9. $\max\{0, (c3d + c3c + c3t) - 23000\} / (23000 / 13);$
10. $\max\{0, (c4d + c3c + c4t) - 12000\} / (12000 / 13);$
11. $\max\{0, ((d / PESO_TOTAL) - 0.29411764706)\} / (0.29411764706 / 13);$
12. $\max\{0, ((c / PESO_TOTAL) - 0.47058823529)\} / (0.47058823529 / 13);$
13. $\max\{0, ((t / PESO_TOTAL) - 0.23529411765)\} / (0.23529411765 / 13);$

Função fitness final

Considerando a soma das penalizações das restrições como h, a função fitness final será dada por:

$$\text{fitness} = (C1D, C2D, C3D, C4D, C1C, C2C, C3C, C4C, C1T, C2T, C3T, C4T) =$$

$$((((C1D + C1C + C1T) * 0.31) + ((C2D + C2C + C2T) * 0.38) + ((C3D + C3C + C3T) * 0.35) + ((C4D + C4C + C4T) * 0.285)) / 42565.92) - h.$$

Experimentos

Cada experimento foi feito com o tamanho da população de 10000, variando o número máximo de gerações e a taxa de mutação.

Experimento nº 1

- A. nº máx. de gerações: 2500;
- B. taxa de mutação: 0.25;

Experimento nº 2

- A. nº máx. de gerações: 5000;
- B. taxa de mutação: 0.5;

Experimento nº 3

- A. nº máx. de gerações: 7500;
- B. taxa de mutação: 0.75;

Experimento nº 4

- A. nº máx. de gerações: 10000;
- B. taxa de mutação: 0.75;

Experimento nº 5

- A. nº máx. de gerações: 10000;
- B. taxa de mutação: 0.5;

Resultados

Experimento nº 1

	Dianteiro	Central	Traseiro	Total Peso	Contribuição no lucro
C1	3312	7005	472	10789	R\$ 3.344,59
C2	3233	1233	932	5398	R\$ 2.051,24
C3	1143	5973	1594	8710	R\$ 3.048,50
C4	335	2381	3426	6142	R\$ 1.750,47
Peso total	8023	16592	6424		
Volume total	4484,8	8556,78	3093,02		
Proporção	0,2585	0,5346	0,2070		
Taxa mutação	0,25				
Máx. gerações	2500				
Seed	1623419131			Lucro	R\$ 10.194,80

Experimento nº 2

	Dianteiro	Central	Traseiro	Total Peso	Contribuição no lucro
C1	913	4506	458	5877	R\$ 1.821,87
C2	4626	721	699	6046	R\$ 2.297,48
C3	2107	4213	3564	9884	R\$ 3.459,40
C4	1102	8183	2282	11567	R\$ 3.296,60
Peso total	8748	17623	7003		
Volume total	5096,98	8266,44	3631,29		
Proporção	0,2621	0,5280	0,2098		
Taxa mutação	0,5				
Máx. gerações	5000				
Seed	1623419714			Lucro	R\$ 10.875,35

Experimento nº 3

	Dianteiro	Central	Traseiro	Total Peso	Contribuição no lucro
C1	1358	1313	2580	5251	R\$ 1.627,81
C2	2265	3798	2166	8229	R\$ 3.127,02
C3	3267	3963	1291	8521	R\$ 2.982,35
C4	2138	5355	1175	8668	R\$ 2.470,38
Peso total	9028	14429	7212		
Volume total	4852,77	7485,93	3853,33		
Proporção	0,2944	0,4705	0,2352		
Taxa mutação	0,75				
Máx. gerações	7500				
Seed	1623420845			Lucro	R\$ 10.207,56

Experimento nº 4

	Dianteiro	Central	Traseiro	Total Peso	Contribuição no lucro
C1	1852	5057	2212	9121	R\$ 2.827,51
C2	2817	3323	2316	8456	R\$ 3.213,28
C3	3582	1859	2056	7497	R\$ 2.623,95
C4	935	7683	1175	9793	R\$ 2.791,01
Peso total	9186	17922	7759		
Volume total	5162,22	8661,9	4217,89		
Proporção	0,2635	0,5140	0,2225		
Taxa mutação	0,75				
Máx. gerações	10000				
Seed	1623422845			Lucro	R\$ 11.455,75

Experimento nº 5

	Dianteiro	Central	Traseiro	Total Peso	Contribuição no lucro
C1	3586	3030	3572	10188	R\$ 3.158,28
C2	2277	3607	1674	7558	R\$ 2.872,04
C3	2941	1780	773	5494	R\$ 1.922,90
C4	932	6627	1781	9340	R\$ 2.661,90
Peso total	9736	15044	7800		
Volume total	5270,59	7415,88	3945,59		
Proporção	0,2988	0,4618	0,2394		
Taxa mutação	0,5				
Máx. gerações	10000				
Seed	1623425865			Lucro	R\$ 10.615,12

Avaliação dos resultados

O resultado com maior lucro encontrado foi no experimento de número 4. No entanto, essa solução não cumpriu com requisito de peso no compartimento central. Portanto, a solução que melhor se adequa às restrições é a descoberta no experimento de número 3 (R\$ 10207,56). Ao longo dos testes foi constatado que uma taxa de mutação muito baixa demanda mais gerações e, conseqüentemente, muito tempo para encontrar a solução desejada. Ao mesmo tempo, as soluções com taxa de mutação alta acabaram excedendo algumas restrições.