

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 5. Ao longo dos testes foi constatado que uma taxa de mutação muito baixa demanda mais gerações e, consequentemente, muito tempo para encontrar a solução desejada. Ao mesmo tempo, as soluções com taxa de mutação alta acabaram excedendo algumas restrições. Portanto, o melhor resultado foi encontrado utilizando o número máximo de gerações nos testes (10000) e com uma taxa de mutação equilibrada (50%).