Investigação Operacional

Trabalho Prático 1

Licenciatura em Engenharia Informática, Universidade do Minho
Jorge Emanuel Matos Teixeira (a100838)
José Luís Fraga Costa (a100749)
Rui Pedro Fernandes Madeira Pinto (a100659)
Ricardo Miguel Queirós de Jesus (a100066)
Hugo Arantes Dias (a100758)

Braga, 23 de março de 2023

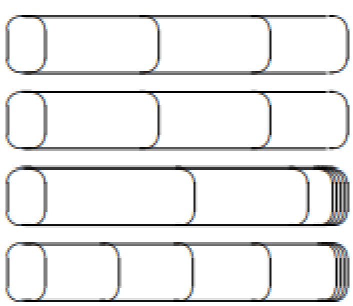
0. Valores resultantes

De acordo com o número de aluno mais elevado(100838) e com as regras do enunciado, foram obtidos os seguinte valores:

Comprimento dos Contentores	Quantidade disponível
11	Ilimitada
10	B+1 = 1+0 = 1
7	D+1 = 3+1 = 4

Comprimento dos Itens	Quantidades
1	k1 = 0
2	k2 = 8+2 = 10
3	k3 = 10
4	K4 = 8+2 = 10
5	5

1. Formulação do problema



Neste problema pretende-se empacotar conjuntos de **itens**, com diversos pesos, em **contentores**. Os contentores têm medidas específicas existindo **4** com comprimento de 7 (unidades), **1** com comprimento de 10 (unidades) e **ilimitados** com comprimento de 11 (unidades). Quanto aos produtos a armazenar nestes contentores, existem **10** com comprimento de 2, 3 e 4(unidades), **5** com comprimento de 5(unidades) e não existe **nenhum** com comprimento igual a 1(unidade).

2. Modelo de programação linear

-Função objetivo

min (z) = SUM{1<=j<3} c_j * b_j

A **função objetivo** deste problema tem como propósito minimizar a soma dos comprimentos dos contentores utilizados. Nesta função, $\mathbf{c_j}$ simboliza o comprimento de cada tipo **j** de contentor. $\mathbf{b_j}$ simboliza a quantidade de contentores, do tipo **j**, utilizados.

.

-Variáveis de decisão

$\mathbf{x_{jk}}$ Indica uma combinação (k, k>=1) possível de itens a serem colocados num contentor j.

-Paramêtros

Este problema tem como parâmetros, a quantidade máxima de contentores do tipo $\mathbf{b_1}$, $\mathbf{b_2}$ e $\mathbf{b_3}$ e a quantidade de itens de cada tipo $\mathbf{i_2}$, $\mathbf{i_3}$, $\mathbf{i_4}$ e $\mathbf{i_5}$.

-Restrições

As **restrições** existentes a este desafio são as seguintes:

- A quantidade dos **i** itens tem que ser igual à correspondente quantidade determinada na formulação do problema.

- Os contentores de comprimento limitado devem respeitar esse limite.

- As restrições relacionadas às combinações possíveis de itens ($\mathbf{i_2}$, $\mathbf{i_3}$, $\mathbf{i_4}$ e $\mathbf{i_5}$) são usadas para garantir que a quantidade de itens em cada contentor seja apropriada, isto é, garante que o comprimento dos itens armazenados não exceda o limite do próprio contentor.

3. Ficheiro de Input

Source | Matrix | Options | Result

```
/* Função Objetivo */
min: 11 b1 + 10 b2 + 7 b3;

/* Combinações possíveis por contentor */
b1 = x11 + x12 + x13 + x14 + x15 + x16 +  x17 + x18 + x19 + x1a + x1b + x1c + x1d + x1e;
b2 = x21 + x22 + x23 + x24 + x25 + x26 +  x27 + x28 + x29 + x2a + x2b + x2c;
b3 = x31 + x32 + x33 + x34 + x35 + x36;

/* Quantidade de contentores */
b2 <= 1;
b3 <= 4;

/* Quantidade de items */
i2 = 10;
i3 = 10;
i4 = 10;
i5 = 5;

/* Combinações possíveis de items */
i2 = x12 + x14 + 3 x15 + x17 + x19 + 3 x1a + x1b + 2 x1c + 4 x1d + 5 x1e +
     x23 + 2 x24 + x25 + x27 + 3 x28 + 2 x2a + 3 x2b + 5 x2c +
     x31 + x33 + 2 x35 + 3 x36;

i3 = 2 x13 + x14 + x16 + 2 x18 + x19 + 3 x1b + 2 x1c + x1d +
     x23 + x26 + x27 + 3 x29 + 2 x2a + x2b +
     x32 + 2 x34 + x35;

i4 = x12 + 2 x16 + 2 x17 + x18 + x19 + x1a +
     x22 + 2 x25 + x26 + x27 + x28 +
     x32 + x33;

i5 = 2 x11 + x12 + x13 + x14 + x15 +
     2 x21 + x22 + x23 + x24 +
     x31;

/* Declaração de variaveis */
int b1, b2, b3;
int x11, x12, x13, x14, x15, x16, x17, x18, x19, x1a, x1b, x1c, x1d, x1e;
int x21, x22, x23, x24, x25, x26, x27, x28, x29, x2a, x2b, x2c;
int x31, x32, x33, x34, x35, x36;
```

4. Ficheiro de Output produzido pelo programa

Objective | Constraints | Sensitivity

Variables	MILP ...	MILP ...	MILP ...	MILP ...	result
	120	117	116	115	115
b1	10	10	9	7	7
b2	1	0	1	1	1
b3	0	1	1	4	4
x11	0	0	0	0	0
x12	5	3	4	1	1
x13	0	1	0	0	0
x14	0	0	0	0	0
x15	0	0	0	0	0
x16	2	3	3	4	4
x17	0	0	0	0	0
x18	0	0	0	0	0
x19	0	1	0	0	0
x1a	0	0	0	0	0
x1b	1	1	2	2	2
x1c	2	0	0	0	0
x1d	0	1	0	0	0
x1e	0	0	0	0	0
x21	0	0	0	0	0
x22	0	0	0	0	0
x23	0	0	1	0	0
x24	0	0	0	0	0
x25	0	0	0	0	0
x26	1	0	0	0	0
x27	0	0	0	0	0
x28	0	0	0	1	1
x29	0	0	0	0	0
x2a	0	0	0	0	0
x2b	0	0	0	0	0
x2c	0	0	0	0	0
x31	0	1	0	4	4
x32	0	0	0	0	0
x33	0	0	0	0	0
x34	0	0	0	0	0
x35	0	0	0	0	0
x36	0	0	1	0	0
i2	10	10	10	10	10
i3	10	10	10	10	10
i4	10	10	10	10	10
i5	5	5	5	5	5

5. Solução óptima e plano de empacotamento

Através dos resultados obtidos, podemos concluir que a solução ótima é dada pelo uso de 7 contentores de comprimento 11, 1 contentor de comprimento 10 e 4 de comprimento 7. A soma destes contentores é de 115.

6. Procedimentos usados para validação do modelo

Para validarmos o modelo, é necessário verificar se todas as restrições foram cumpridas. A tabela abaixo ilustra as conclusões que validam o modelo:

	COMPRIMENTO DOS ITENS				
COMBINAÇÕES	2	3	4	5	
X12	1	----	1	1	
X16 (4 vezes)	---	4 (1 x 4)	8(2 x 4)	---	
X1b(2 vezes)	2 (1 x 2)	6 (3 x 2)	---	---	
X28	3	---	1	---	
X31(4 vezes)	4 (1 x 4)	---	---	4(1 x 4)	
COMPRIMENTO TOTAL (itens)	10 x 2	10 x 3	10 x 4	5 x 5	115

	COMPRIMENTO DOS CONTENTORES			
	11	10	7	
QUANTIDADE	7	1	4	
COMPRIMENTO TOTAL(contentores)	7 x 11	1 x 10	4 x 7	115