

// x_k = num auto tipo $k \in \{d, p, g\}$ prodotte
 // y_{ij} = num pezzi tipo $i \in \{A, B, C\}$ prodotti nello stab. $j \in \{1, 2, 3, 4\}$
 // $w_j = 1$ se si produce qualcosa nella stab. $j \in \{1, 2, 3, 4\}$, 0 altrimenti
 // $z_j = 1$ se si produce qualche pezzo di tipo B nello stab. $j \in \{1, 2, 3, 4\}$, 0 altrimenti
 max $8000x_d + 7500x_p + 7000x_g - 100y_{A1} - 110y_{A2} - \dots - 180x_{B3} - \dots - 230x_{C4} - 55000(w_1 + w_2 + w_3 + w_4)$
 s.t.
 $y_{A1} + y_{A2} + y_{A3} + y_{A4} \geq 8x_d + 8x_p + 3x_g$ // abbastanza pezzi tipo A
 $y_{B1} + y_{B2} + y_{B3} + y_{B4} \geq 6x_d + 3x_p + 3x_g$ // " " " " B
 $y_{C1} + y_{C2} + y_{C3} + y_{C4} \geq 3x_d + 5x_p + 4x_g$ // " " " " C
 $x_d \leq 150$ $x_p \leq 130$ $x_g \leq 210$ $x_d \geq 2x_p$
 $y_{A1} + y_{B1} + y_{C1} \leq 800 \cdot w_1$ // (max pezzi) stabilimento 1 e attivo w_1
 $y_{A2} + y_{B2} + y_{C2} \leq 1350 \cdot w_2$ // " " " " 2 w_2
 $y_{A3} + y_{B3} + y_{C3} \leq 920 \cdot w_3$ // " " " " 3 w_3
 $y_{A4} + y_{B4} + y_{C4} \leq 880 \cdot w_4$ // " " " " 4 w_4
 $z_1 + z_2 + z_3 + z_4 \leq 2$ // pezzi B in al più 2 stabilimenti
 $y_{Bj} \leq Mz_j, \forall j \in \{1, 2, 3, 4\}$ // attiva z_j , M costante suff. grande
 $x_k \in \mathbb{Z}_+, y_{ij} \in \mathbb{Z}_+, w_j \in \{0, 1\}, z_j \in \{0, 1\}, k \in \{d, p, g\}, i \in \{A, B, C\}, j \in \{1, 2, 3, 4\}$

2) f. dd. ($\hat{x}_1 = -x_2$)

min $-4x_1 + 2\hat{x}_2 + x_3$
 s.t. $x_1 - \hat{x}_2 + x_3 + x_4 = 2$
 $2\hat{x}_2 + 2x_3 + x_5 = 3$
 $-x_1 + 2\hat{x}_2 + 2x_3 + x_6 = 2$
 $x_1, \hat{x}_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$

	x_1	$\hat{x}_2$	x_3	x_4	x_5	x_6	b
x_1	-4	2	1	0	0	0	-1
x_3	0	2	2	0	1	0	3
x_6	-1	2	2	0	0	1	2
	0	-2	-3	4	0	0	-1
x_1	1	-1	-1	1	0	0	2
x_5	0	2	2	0	1	0	3
x_6	0	1	1	1	0	1	4
	0	0	-1	4	1	0	-11
x_1	1	0	0	1	1/2	0	7/2
x_2	0	1	1	0	1/2	0	3/2
x_6	0	0	0	1	-1/2	1	5/2
	0	1	0	4	3/2	0	-11/2
x_1	1	0	0	1	1/2	0	7/2
x_2	0	1	1	0	1/2	0	3/2
x_6	0	0	0	1	-1/2	1	5/2

$x_1^* = 7/2, x_2^* = 3/2, x_3^* = 7/2$ (lato) $x_1^* + x_2^* - x_3^* = 0$
 $z_{max} = -(-11/2) = 11/2 = w^*$ (d. forte)

4) a) ... $u_i(a_i^T x - b_i) = 0 \quad i=1, \dots, m, (c_j - u^T A_j)x_j = 0 \quad j=1, \dots, n$
 b) Amm. primate: ... ✓
 • duale: max $2u_1 + u_2 + 5u_3 - 2u_4$
 s.t. $-u_1 - u_2 + u_4 \geq -6$ (a)
 $-u_1 + 2u_3 + 2u_4 \leq 1$ (b)
 $-2u_1 + 2u_2 + 2u_3 + u_4 = -2$ (c)
 $u_1 \leq 0, u_2 \geq 0, u_3 \leq 0, u_4 \text{ lib.}$
 • CCPD: $x_1 \leq 0 \Rightarrow -u_1 - u_2 + u_4 = -6$
 $x_2 = 0 \Rightarrow //$
 x_3 libere $\Rightarrow$ no CCPD [A.D.!]
 $-x_1 - x_2 - 2x_3 = 2 \Rightarrow //$
 $-x_1 + 2x_3 \geq 1 \Rightarrow u_2 = 0$
 $2x_2 + 2x_3 \leq 5 \Rightarrow u_3 = 0$
 u. equal. $\Rightarrow$ no CCPD (A.P.)
 • VERIFICA AMM. PRATE
 $u_1 \leq 0, u_2 \geq 0, u_3 \leq 0, u_4 \text{ lib.}$
 (a) ✓ (b) ✓ (c) ✓
 • CONCL: OTTIMA! (verifera $12=12$)

5) a) $x_B = [x_7, x_1, x_2]$ (canonica). Non ottima (vedi e)
 b) no rapporto minus $\Rightarrow$ ammissibile etc etc
 c) entra x_3 , esce x_1
 d) (entra, esce): $(x_3, x_1), (x_4, x_2), (x_4, x_7), (x_5, x_1)$
 e) $z^*_{new} - 30 + (-5 \cdot 0) = -30 - 10 \cdot 10 = -130 - 10 \cdot 10 = -130 - 1 \cdot 0 = -30$

6) a) UB $\rightarrow$ di padre un figlio con NC[3,638]
 b) $[2.5, 3.6] = [S.A., x, f_3, UB, P_5]$
 c) P_3, P_4, P_5, P_6 ; chiudo P_4 e P_6 ($SA \leq 2.5$)
 d) P_5
 e) $S.A. = UB. \in [2.7, 3.6]$

3) A B C D E F G t_{tot}

0	0A	10A	10A	10A	10A	10A	10A	A
1	0A	5A	1A	10A	10A	10A	10A	B, C
2	0A	5A	1A	6B	8B	3C	10A	D, E, F
3	0A	5A	1A	6B	5F	3C	8D	E, G
4	0A	5A	1A	3E	1G	3C	0F	DE
5	0A	5A	1A	1E	1G	3C	0F	D
6	0A	5A	0D	1E	1G	1D	0F	G, F
7	0A	5A	0D	1E	1G	1D	2F	G

$q \neq \emptyset \Rightarrow \exists \text{ ciclo } q \leftarrow F \leftarrow D \leftarrow E \leftarrow q$

3.d) $q \leftarrow F \leftarrow C \leftarrow A$

3) Competitiva con problema di 'min'