Modelli per la gestione delle scorte

Claudio Arbib

Università di L'Aquila

Seconda Parte

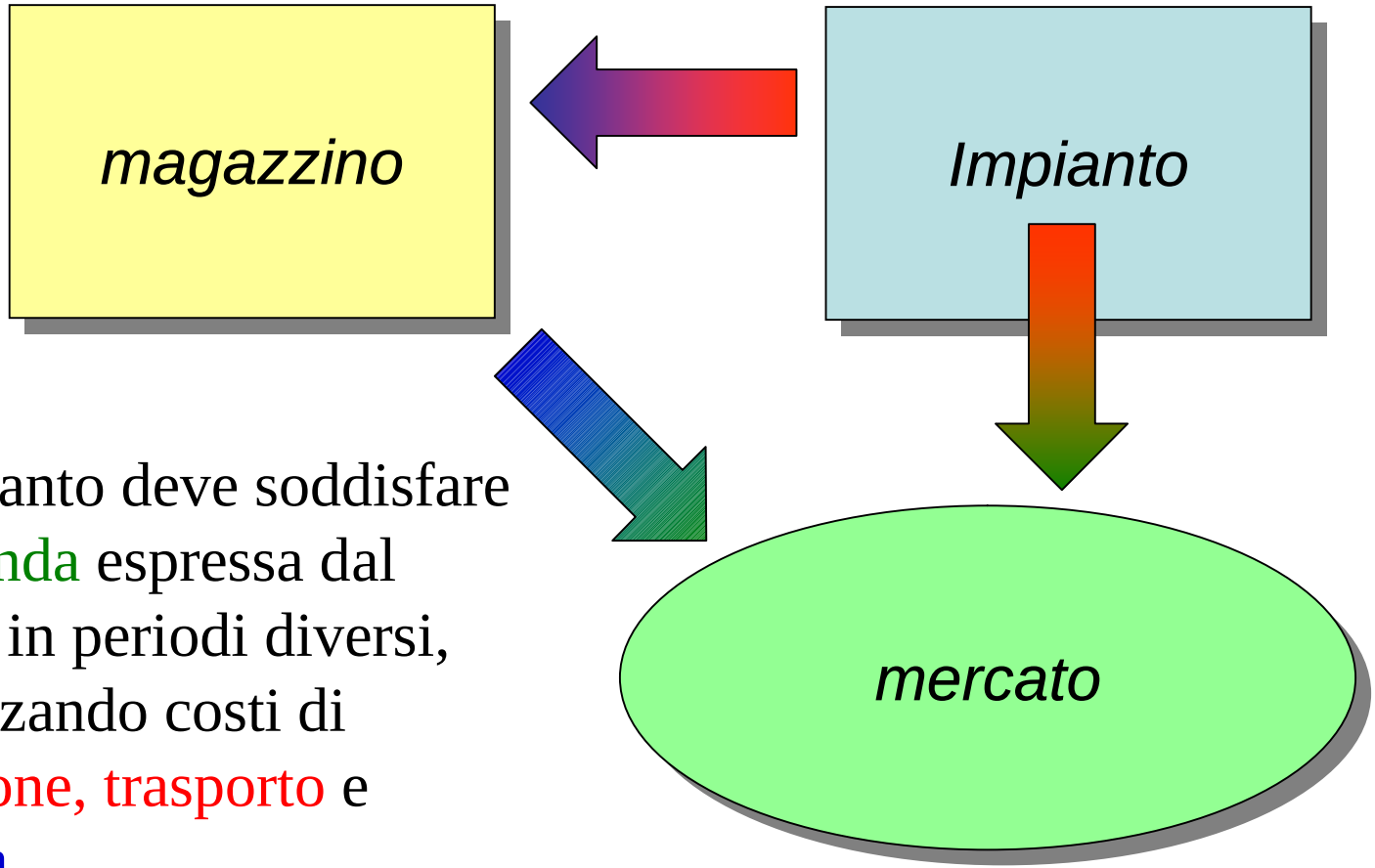
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sommario

- Sui problemi di gestione aperiodica
  - equazioni di stato
- Funzioni di costo
- Un modello convesso
  - formulazione come PL
  - esempio
- Un modello concavo
  - proprietà del poliedro
  - proprietà delle soluzioni ottime
  - algoritmo di Wagner-Whitin
  - esempi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Gestione aperiodica

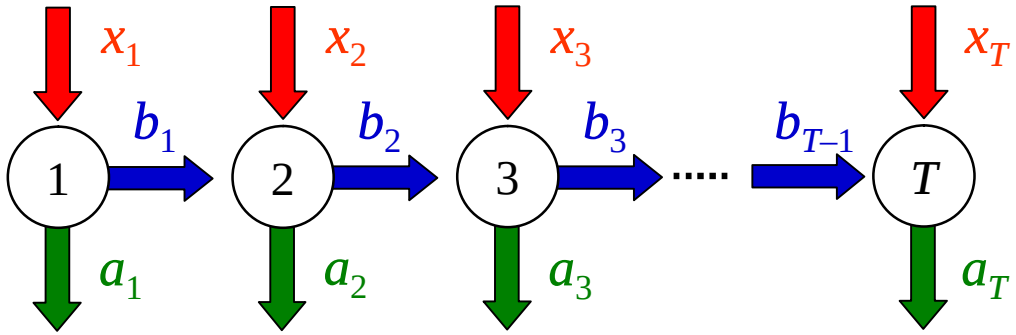


Un impianto deve soddisfare la domanda espressa dal mercato in periodi diversi, minimizzando costi di produzione, trasporto e giacenza

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

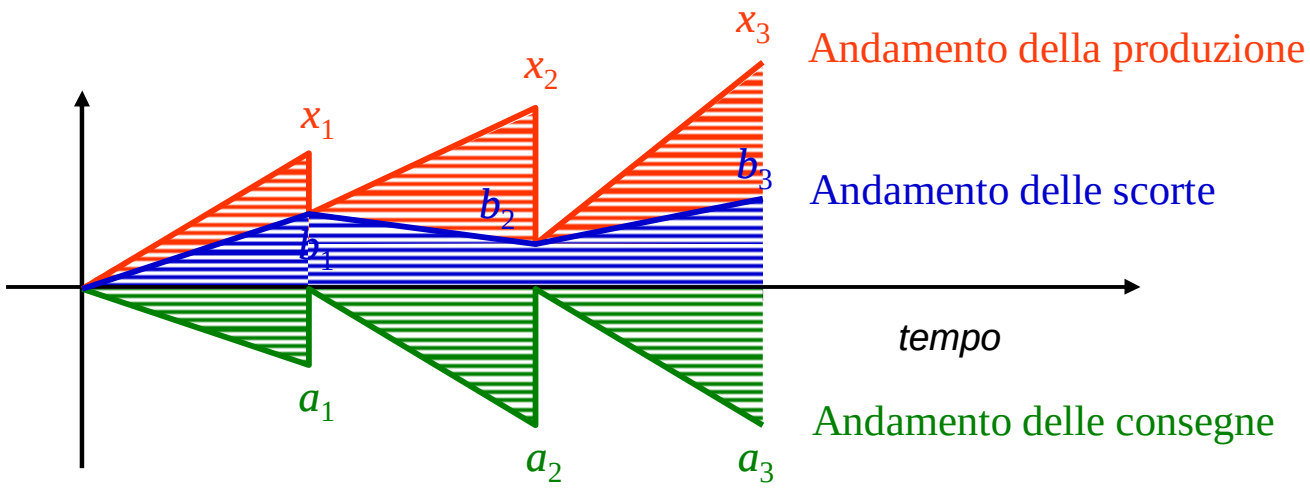
Gestione aperiodica

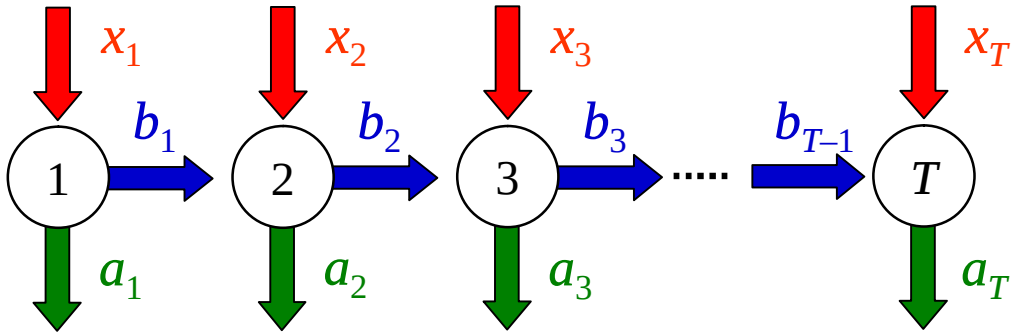
- Consideriamo per semplicità
  un solo tipo di prodotto, da fabbricare in un
  orizzonte temporale finito, diviso in
  periodi di controllo $\{1, 2, \ldots, T\}$, corrispondenti a
  un assorbimento $a_1, \ldots, a_T$ variabile nel tempo, e a
  variabili decisionali
  x_t = quantità prodotta/spedita nel periodo t
  b_t = livello di scorta nel periodo t



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Gestione aperiodica





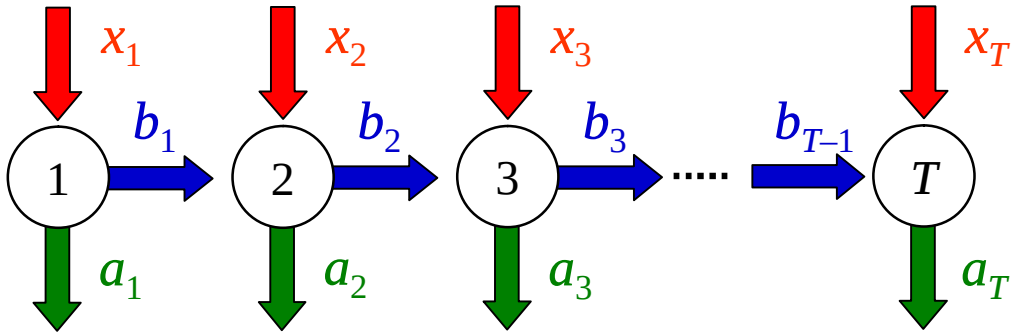
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Equazioni di stato

- Tra i valori descritti intercorrono le seguenti relazioni

eventuale scorta iniziale e/o finale

$$
\begin{aligned}
x_1 + b_0 &= a_1 + b_1 \\
x_t + b_{t-1} &= a_t + b_t \qquad t = 2, \ldots, T-1 \\
x_T + b_{T-1} &= a_T + b_T \\
x_t, b_t &\geq 0 \qquad t = 1, 2, \ldots, T
\end{aligned}
$$



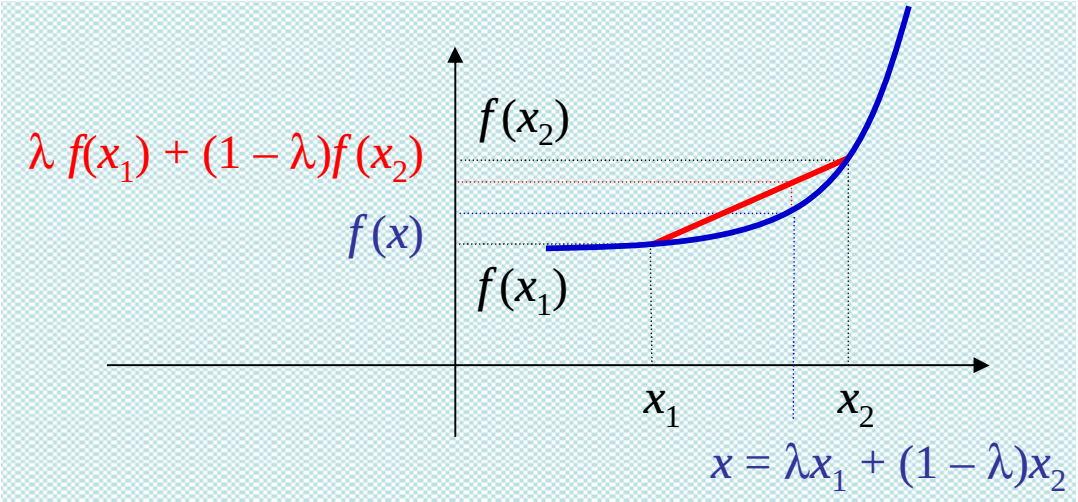
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Funzioni di costo

La forma della funzione costo influenza le tecniche di soluzione.

Sia f: $\mathrm{IR}^n \rightarrow \mathrm{IR}$, e $\lambda_1, \ldots, \lambda_m \geq 0$ tali che $\sum_{i=1}^{m} \lambda_i = 1$.

Siano $\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{x}_m \in \mathrm{IR}^n$. Diremo che f è



- convessa se vale la relazione

  $f(\Sigma_i \lambda_i \mathbf{x}_i) \leq \Sigma_i \lambda_i f(\mathbf{x}_i)$

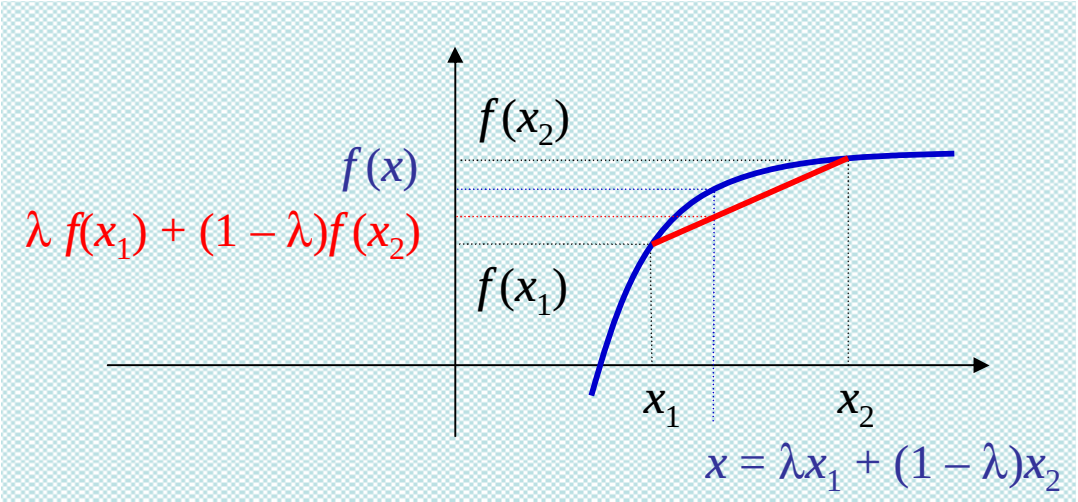
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Funzioni di costo

La forma della funzione costo influenza le tecniche di soluzione.

Sia f: $\mathrm{IR}^n \rightarrow \mathrm{IR}$, e $\lambda_1, \ldots, \lambda_m \geq 0$ tali che $\sum_{i=1}^{m} \lambda_i = 1$.

Siano $\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{x}_m \in \mathrm{IR}^n$. Diremo che f è



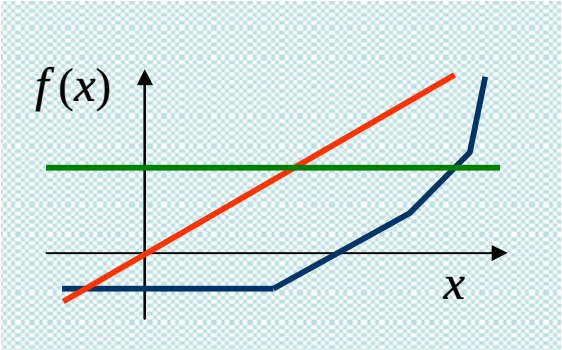
- convessa se vale la relazione
  $f(\Sigma_i \lambda_i \mathbf{x}_i) \leq \Sigma_i \lambda_i f(\mathbf{x}_i)$
- concava se si ha invece
  $f(\Sigma_i \lambda_i \mathbf{x}_i) \geq \Sigma_i \lambda_i f(\mathbf{x}_i)$

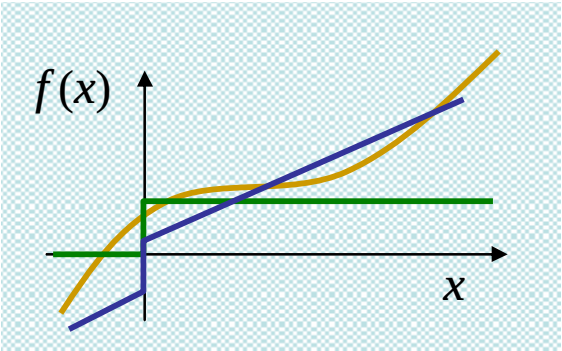
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Funzioni di costo

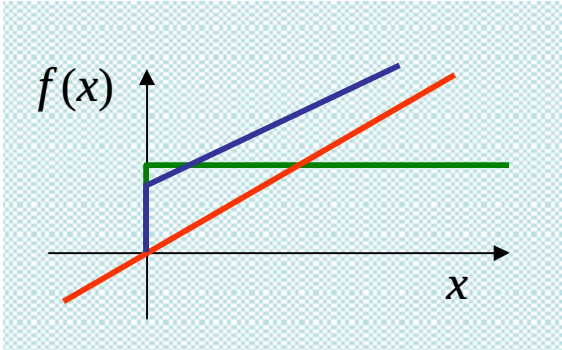
Ad esempio:

- sono funzioni convesse





- sono funzioni concave



- non sono né concave né convesse

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Un modello convesso

Supponiamo che le attività del giorno t comportino costi

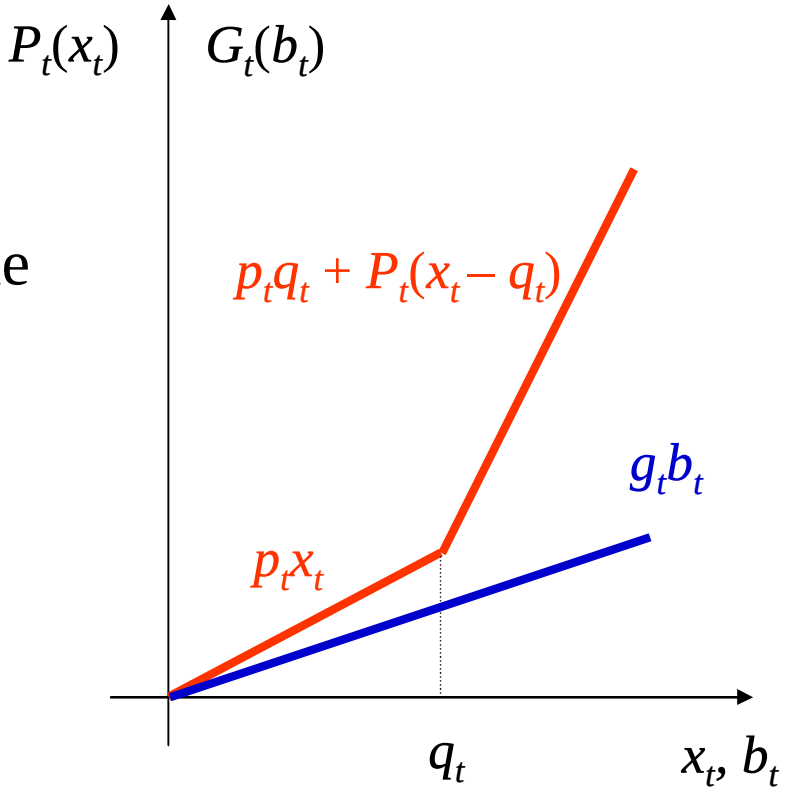
- di produzione $P_t(x_t)$ strutturati come segue

  p_t costo per unità prodotta entro la quantità q_t

  $P_t > p_t$ costo aggiuntivo per ogni unità prodotta oltre la quantità q_t (straordinario)

- di giacenza $G_t(b_t)$, proporzionali al livello di scorta

  g_t costo per unità immagazzinata nel periodo t



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Obiettivo

L'obiettivo è minimizzare il costo complessivo (non lineare)

$$\min \quad P_1(x_1) + P_2(x_2) + \ldots + P_{T-1}(x_{T-1}) + P_T(x_T) + \\ + G_1(b_1) + G_2(b_2) + \ldots + G_{T-1}(b_{T-1})$$

Per ottenere un'espressione lineare del costo, distinguiamo tra la parte di x_t (sia u_t) prodotta senza ricorrere allo straordinario e quella (sia w_t) prodotta ricorrendo allo straordinario:

$$x_t = u_t + w_t \qquad 0 \leq u_t \leq q_t, \quad 0 \leq w_t$$

$$\min \quad p_1u_1 + p_2u_2 + \ldots \ldots \ldots \ldots + p_Tu_T + \\ + P_1 w_1 + P_2 w_2 + \ldots \ldots \ldots \ldots + P_Tw_T + \\ + g_1b_1 + g_2b_2 + \ldots + g_{T-1}b_{T-1}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Problema

$$\min \quad p_1 u_1 + p_2 u_2 + \ldots \ldots \ldots \ldots + p_T u_T + P_1 w_1 + P_2 w_2 + \ldots \ldots \ldots \ldots + P_T w_T + g_1 b_1 + g_2 b_2 + \ldots + g_{T-1} b_{T-1}$$

soggetto ai vincoli

$$\begin{cases} u_t + w_t + b_{t-1} - b_t = a_t \\ u_t \leq q_t \\ u_t, w_t, b_t \geq 0 \end{cases} \qquad \text{per } t = 1, \ldots, T$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio (dati)

Periodi	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
Costo produzione	25	25	30	40	20	20
Costo straordinario	40	45	45	50	40	45
Costo giacenza	25	20	30	30	30	30
Capacità impianto	100	100	100	100	120	120
Domanda	80	210	315	270	240	120

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio (vincoli)

	Periodi	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
	Domanda	80	210	315	270	240	120
	Capacità impianto	100	100	100	100	120	120
u	**Produzione ordinaria**						
w	**Produzione straord.**						
b	**Scorta attuale**						
	Scorta precedente						
	Equazioni di stato	1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
		-1	-1	-1	-1	-1	-1
		1	1	1	1	1	1
	Riferimento	0					

= MATR.SOMMA.PRODOTTO(C13:C16;C8:C11) = 80

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio (costo)

	Periodi	gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
	Costo produzione	25	25	30	40	20	20
	Costo straordinario	40	45	45	50	40	45
	Costo giacenza	25	20	30	30	30	30
u	Produzione ordinaria						
w	Produzione straord.						
b	Scorta attuale						
	Scorta precedente						
	Costo totale	0					

= MATR.SOMMA.PRODOTTO(C4:H6;C8:H10)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

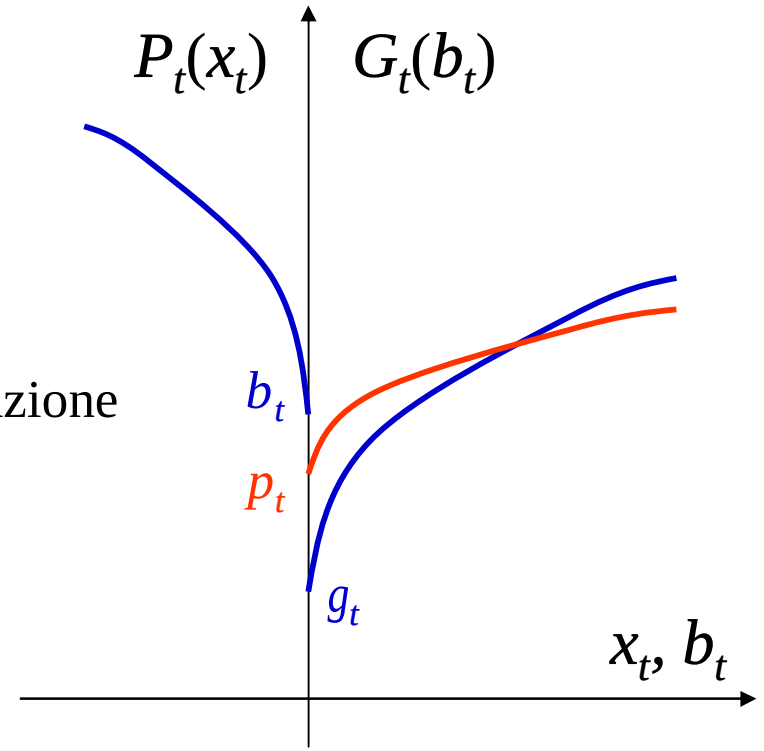
Un modello concavo

- In genere il costo della produzione nel generico periodo *t* non dipende solo dalla quantità prodotta: produrre una qualsiasi quantità, anche minima, comporta un costo fisso, e lo stesso si può dire della giacenza (nel cui costo possiamo comprendere ad es. la movimentazione all'interno dell'impianto)
- Per economia di scala, tuttavia, passare da una produzione (giacenza) di 10 unità a una di 20 costa meno che passare da una produzione nulla a una di 10 unità
- Possiamo infine immaginare che in qualche caso produzione e scorta del giorno non siano sufficienti a coprire la domanda. In questo caso (*backlog* = scorta negativa) gli ordini saranno soddisfatti facendo giungere, con un costo aggiuntivo, la merce da altri stabilimenti
- Per tener conto di tutti questi aspetti, la funzione di costo va modificata

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Un modello concavo

In questo modello assumiamo che i costi associati alle attività del giorno t siano così strutturati:



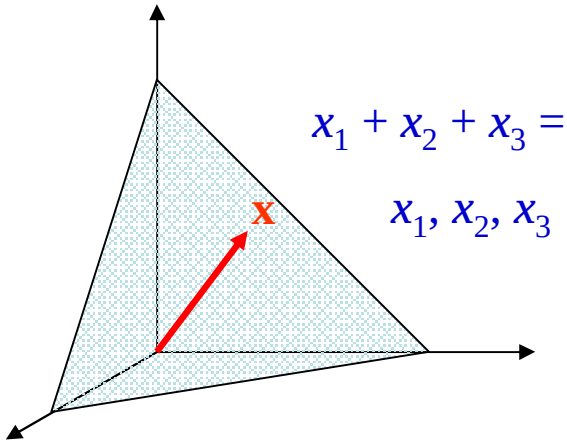
- Costi di produzione $P_t(x_t)$
  - p_t costo fisso per attivare la produzione nel periodo t
  - \+ costo per unità prodotta

- Costi di giacenza $G_t(b_t)$
  - g_t costo fisso di stoccaggio + costo per unità immagazzinata
  - b_t costo fisso di *backlog* + costo per unità ordinata all'esterno

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Proprietà del poliedro

$$
\begin{aligned}
x_1 &= a_1 + b_1 \\
x_2 + b_1 &= a_2 + b_2 \\
x_3 + b_2 &= a_3 + b_3 \\
&\dots \\
x_T + b_{T-1} &= a_T
\end{aligned}
$$



$$x_1 + x_2 + x_3 = \sum_{i=1}^{3} a_i$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

$$\sum_{t=1}^{T} x_t = \sum_{t=1}^{T} a_t \,, \quad x_t \geq 0 \quad \Rightarrow \quad |x_t| < \infty$$

$$b_t = \sum_{k \leq t} x_k - \sum_{k \leq t} a_k \quad \Rightarrow \quad |b_t| < \infty$$

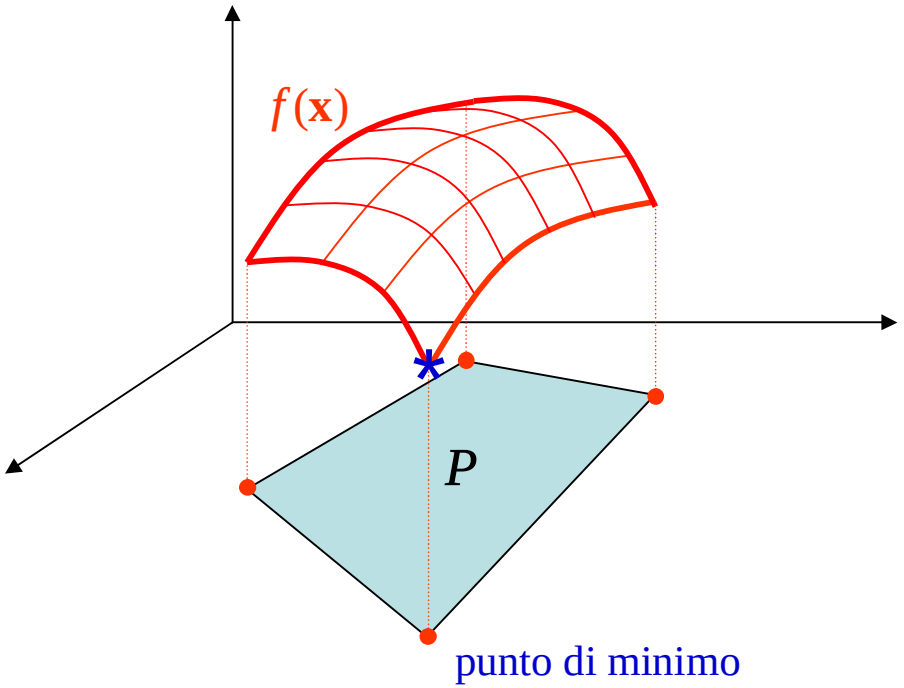
Proprietà 1 Il poliedro del problema è limitato

(NB: anche se b_t non è vincolata in segno)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Proprietà del poliedro

Proprietà 2 Una funzione concava definita in un poliedro limitato ammette un punto di minimo corrispondente a un vertice del poliedro



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Dimostrazione

- Dato un poliedro limitato P, siano $\mathbf{v}_1, \ldots, \mathbf{v}_p$ i suoi vertici:

$$P = \text{conv}(\mathbf{v}_1, \ldots, \mathbf{v}_p)$$

cioè ogni $\mathbf{y} \in P$, e in particolare un punto $\mathbf{y}^*$ di minimo per f in P, si può esprimere come combinazione convessa dei vertici di P:

$$\mathbf{y}^* = \sum_{i=1}^{p} \lambda_i \mathbf{v}_i \qquad \text{con} \quad \sum_{i=1}^{p} \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0$$

- Ma se f è concava si ha

$$f(\mathbf{y}^*) = f(\Sigma_{i=1..p} \lambda_i \mathbf{v}_i) \geq \Sigma_{i=1..p} \lambda_i f(\mathbf{v}_i)$$

- Se dunque $\mathbf{v}^*$ un punto di minimo per f in $\{\mathbf{v}_1, \ldots, \mathbf{v}_p\}$, si ha

$$f(\mathbf{v}^*) \leq \sum_{i=1}^{p} \lambda_i f(\mathbf{v}_i) \leq f(\mathbf{y}^*)$$

perciò anche $\mathbf{v}^*$ è un punto di minimo per f in P

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Proprietà delle soluzioni ottime

- $\mathbf{z}^* = (\mathbf{x}^*, \mathbf{b}^*)$ vertice $\Leftrightarrow$ $\mathbf{z}^*$ soluzione di base di $\mathbf{Az} = \mathbf{a}$, $\mathbf{z} \geq \mathbf{0}$, con $\mathbf{A}$ matrice $T \times (2T - 1)$

  In altre parole, al più T componenti di $\mathbf{z}^*$ sono > 0

- Se per la scorta iniziale si ha $b_0 = 0$, deve anche aversi

  $$x_1 \geq a_1 > 0 \qquad\qquad b_{t-1} + x_t \geq a_t > 0$$

  cioè almeno una tra b_{t-1} e x_t deve essere > 0 per $t = 2, \ldots, T$

  In altre parole, almeno T componenti di $\mathbf{z}^*$ sono > 0

  $\Downarrow$

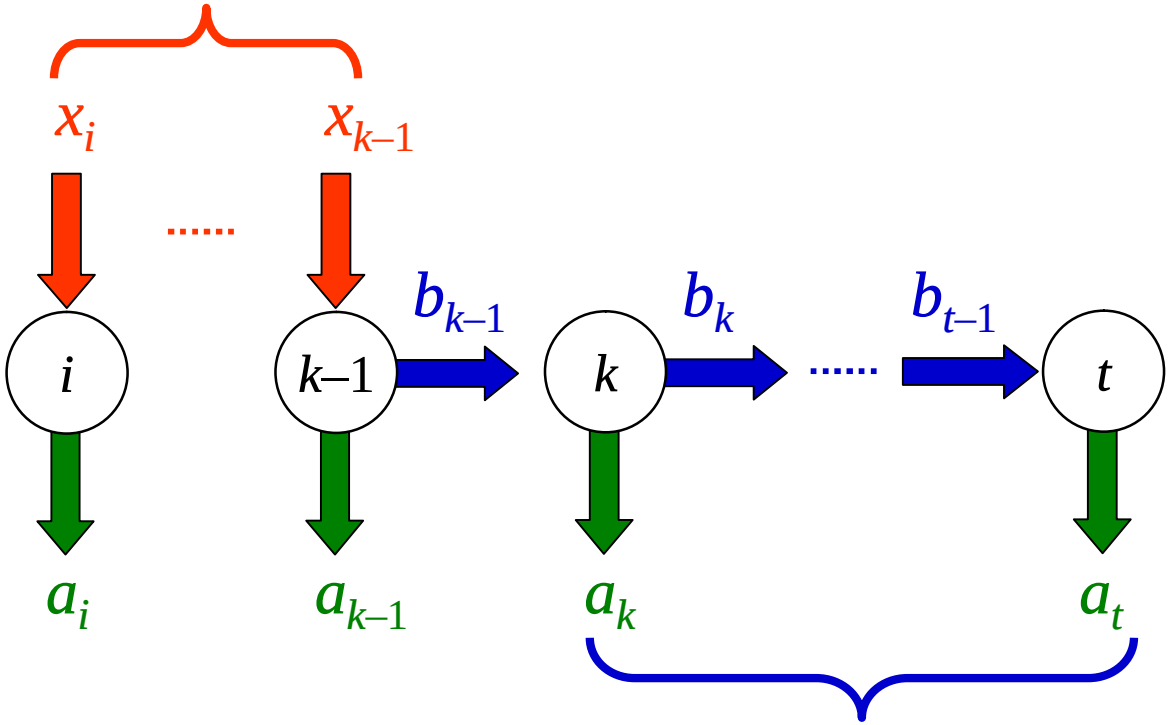
- Esattamente una tra b_{t-1} e x_t deve essere > 0 per $t = 2, \ldots, T$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Proprietà delle soluzioni ottime

Dal ragionamento precedente si deduce che ogni soluzione ottima è strutturata come segue:

periodi di produzione …

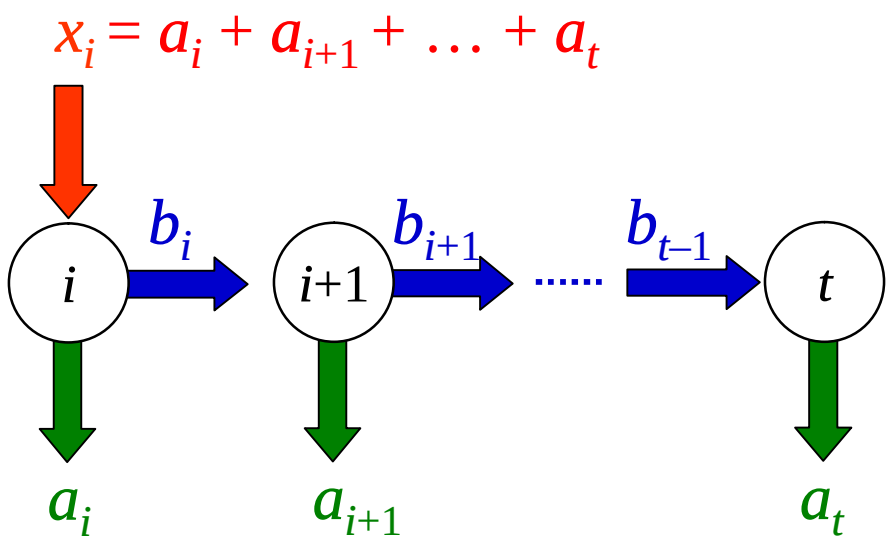


… e periodi di stasi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Algoritmo (Wagner-Whitin, 1958)

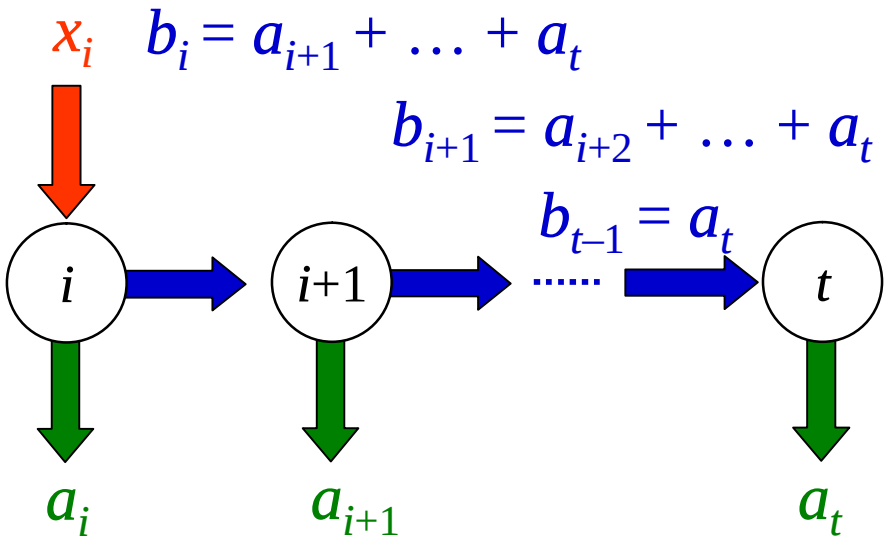
1) Si calcola la quantità x_i che è necessario produrre per soddisfare la domanda da i a t



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Algoritmo

2) Si calcolano le quantità $b_i, b_{i+1}, \ldots, b_{t-1}$ che è necessario immagazzinare per soddisfare $a_{i+1}, a_{i+2}, \ldots, a_t$



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Algoritmo

3) Si calcola quanto costa produrre (immagazzinare) al tempo i per soddisfare la domanda da i a t:

$$C(i, t) = P_i(x_i) + G_i(b_i) + G_{i+1}(b_{i+1}) + \ldots + G_{t-1}(b_{t-1})$$

4) Immaginiamo di conoscere i valori minimi $c_0, c_1, \ldots, c_{k-1}$ del costo da sostenere per soddisfare la domanda in un orizzonte di pianificazione lungo 0, 1, …, k–1

(inizialmente, $c_0 = 0$)

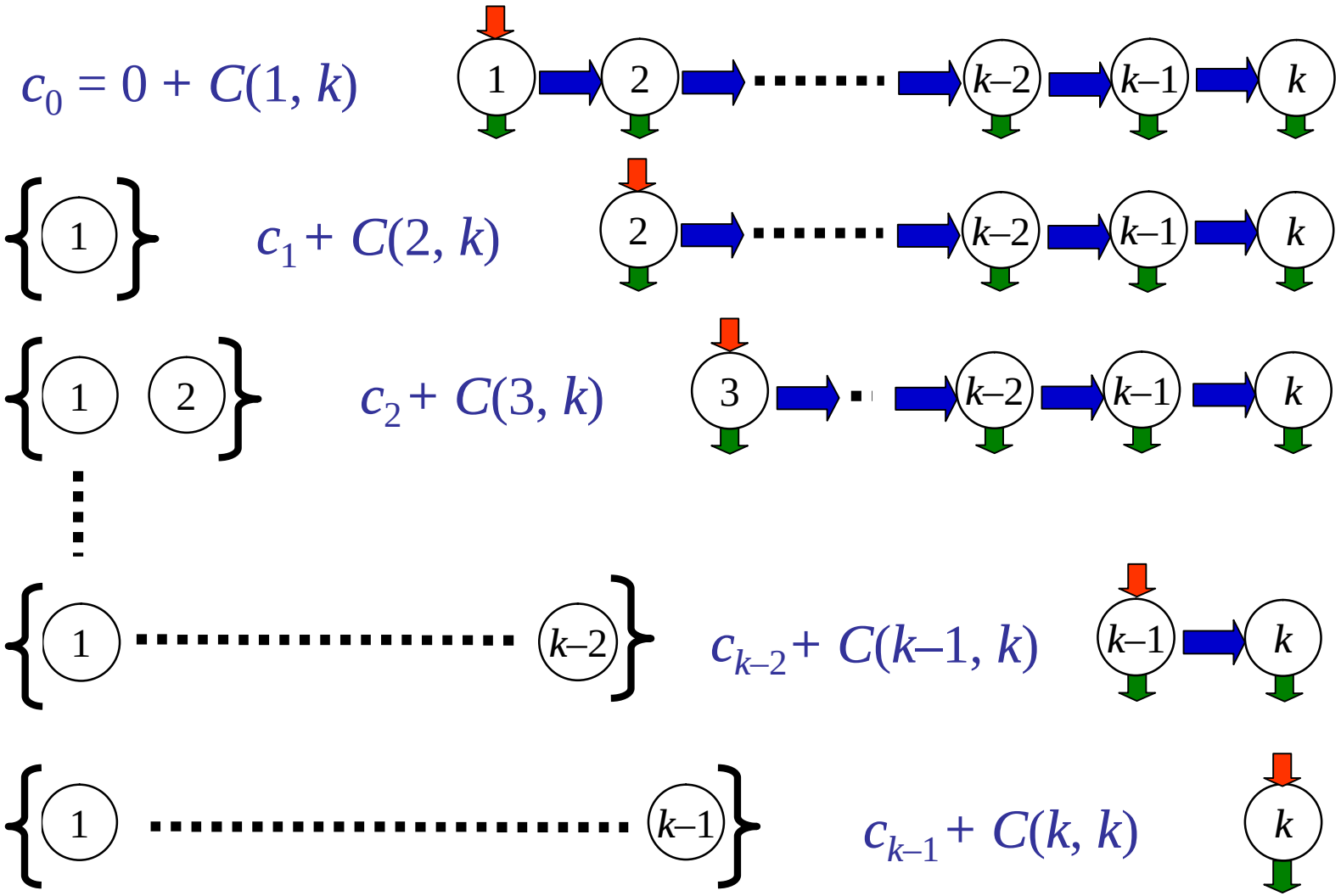
5) Allora il costo sostenuto per soddisfare tutta la domanda fino al periodo k è dato da

$$c_k = \min_{i=1,\ldots,k} \{c_{i-1} + C(i, k)\}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

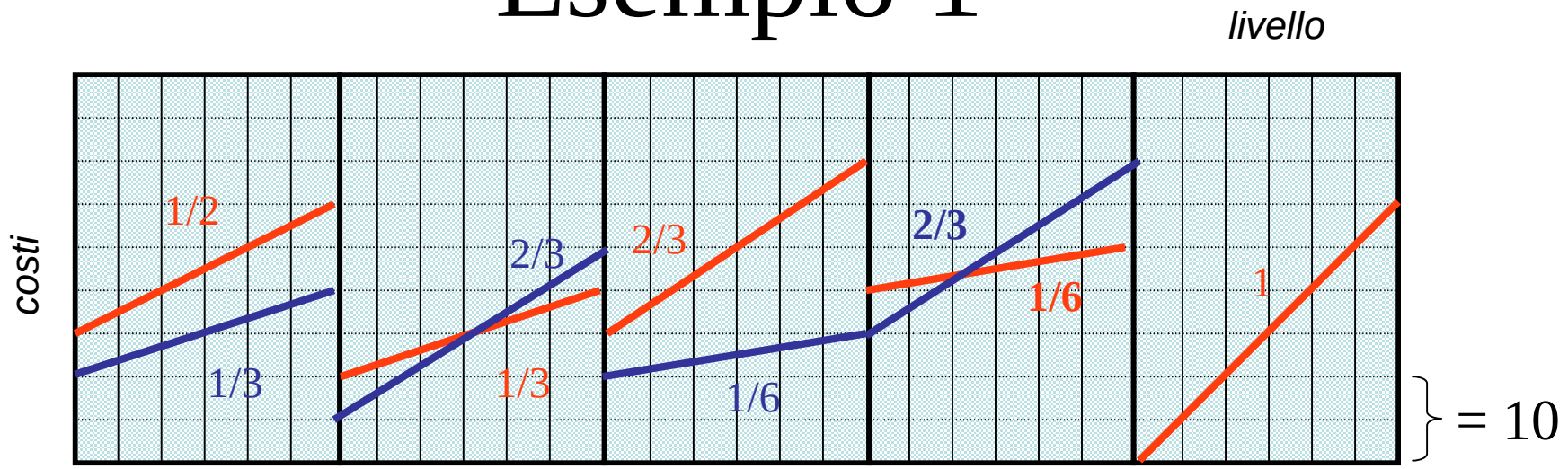
Calcolo di c_k

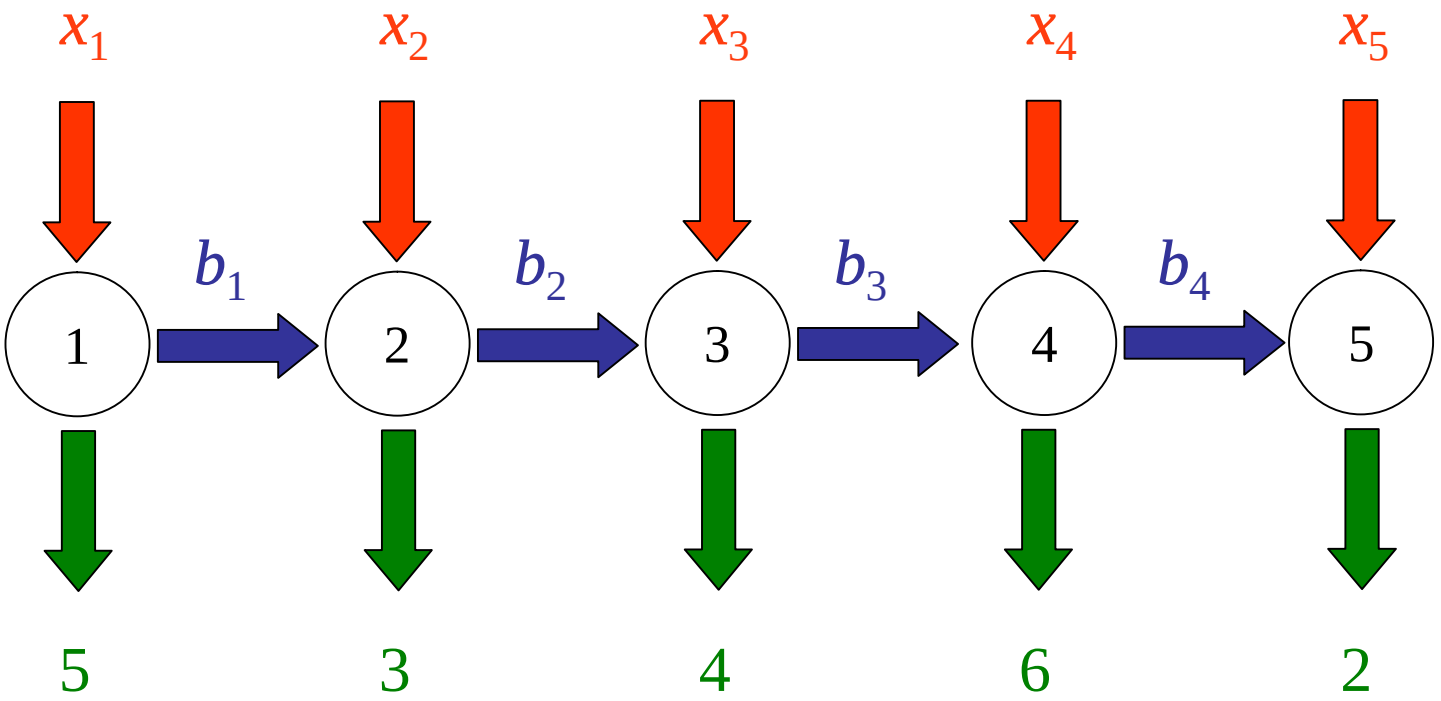
Minimo tra:



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

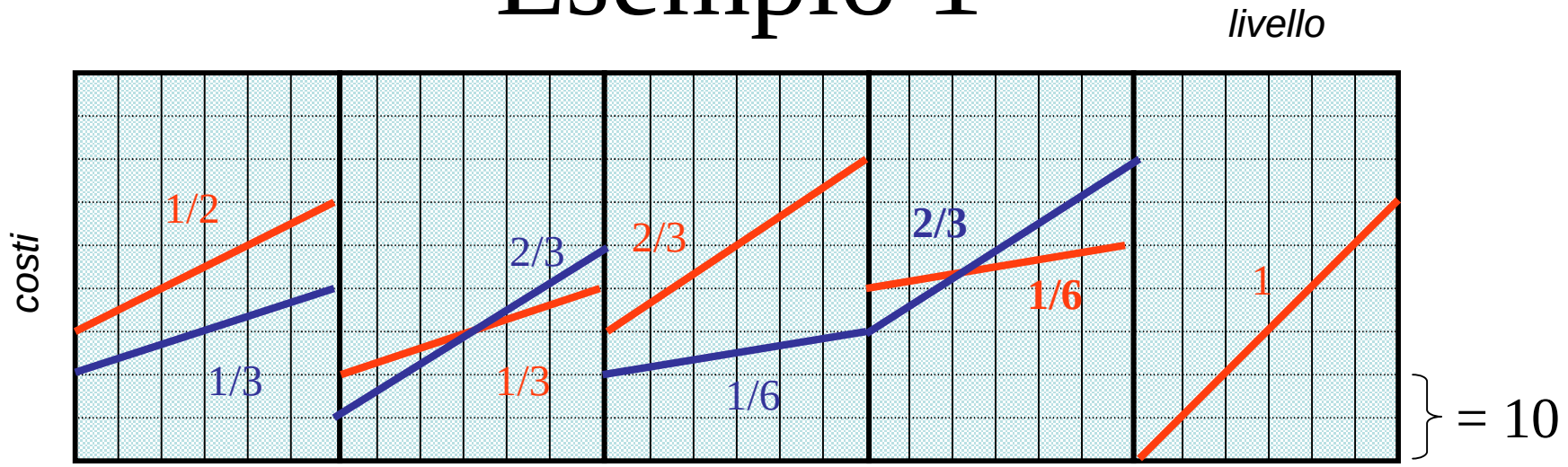
Esempio 1





PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 1



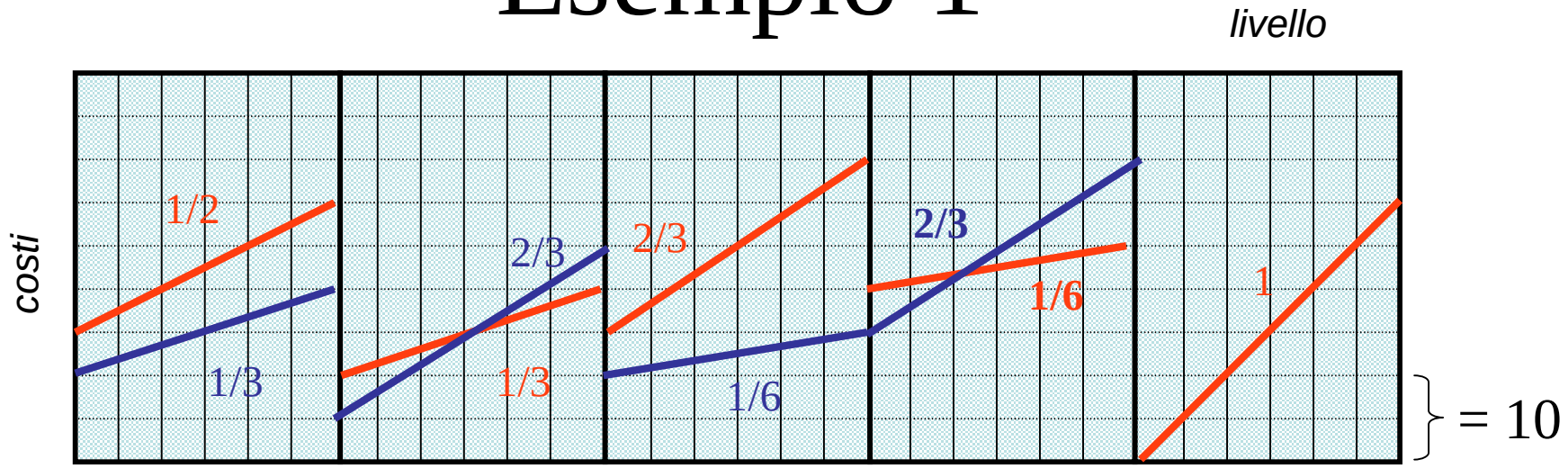
Costruiamo la matrice **C** dei valori $C(i, t)$

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} P_1(a_1) & P_1(a_1+a_2)+G_1(a_2) & P_1(a_1+a_2+a_3)+G_1(a_2+a_3)+G_2(a_3) & \dots \\ & P_2(a_2) & P_2(a_2+a_3)+G_2(a_3) & \dots \\ & & P_3(a_3) & \dots \end{pmatrix}$$

Produzione nel periodo 1 della domanda dei periodi 1, 2 e 3
Giacenza nel periodo 1 della domanda dei periodi 2 e 3
Giacenza nel periodo 2 della domanda del periodo 3

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 1

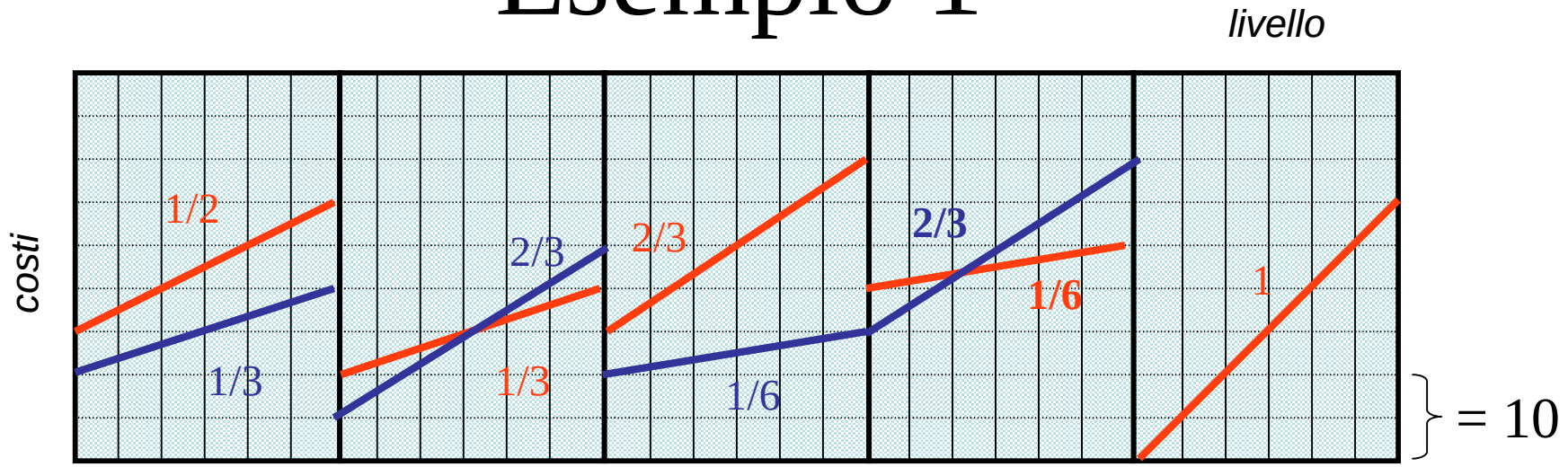


$$\mathbf{C} = \left(\begin{array}{llll} P_1(5) & P_1(8) + G_1(3) & P_1(12) + G_1(7) + G_2(4) & \ldots \\ & P_2(3) & P_2(7) + G_2(4) & \ldots \\ & & P_3(4) & \ldots \end{array} \right)$$

$a_1 = 5 \quad a_2 = 3 \quad a_3 = 4 \quad a_4 = 6 \quad a_5 = 2$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 1

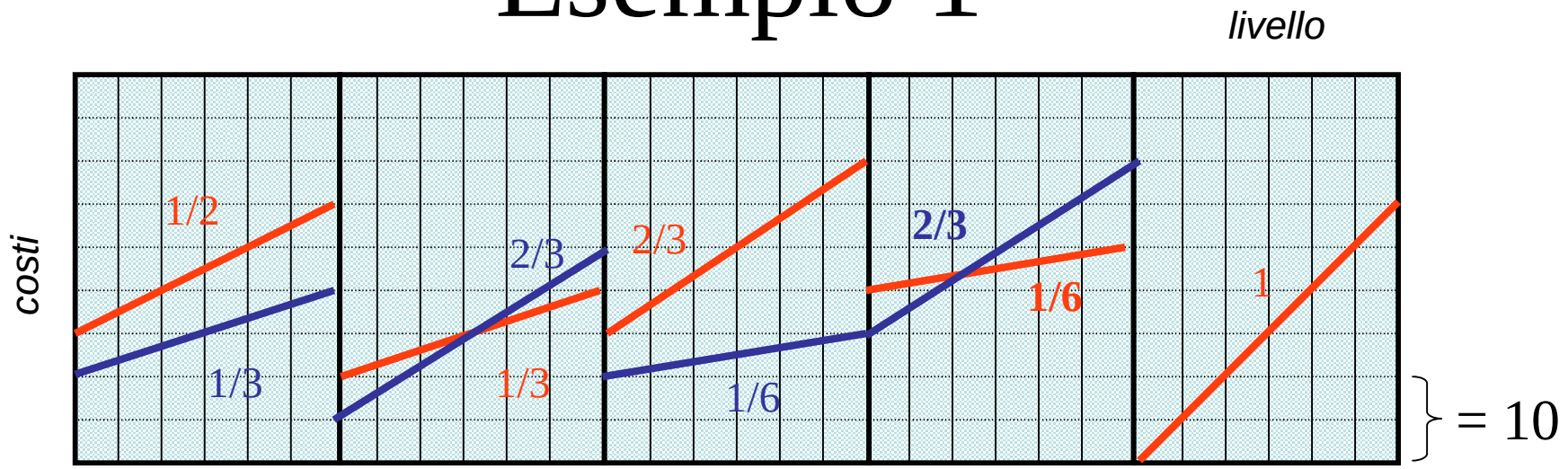


$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} C(1,1) = 17{,}5 & C(1,2) = 30{,}0 & C(1,3) = 41{,}0 & \dots \\ & C(2,2) = 11{,}0 & C(2,3) = 20{,}0 & \dots \\ & & C(3,3) = 17{,}7 & \dots \\ & & & \dots \end{pmatrix}$$

$a_1 = 5$ $a_2 = 3$ $a_3 = 4$ $a_4 = 6$ $a_5 = 2$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 1



Sulla base dei valori di $C(i, t)$ è ora possibile calcolare:

$c_1 = C(1, 1) = 17{,}5$

$c_2 = \min\{C(1, 2);\ c_1 + C(2, 2)\} = \min\{30{,}0;\ 17{,}5 + 11{,}0\} = 28{,}5$

$c_3 = \min\{C(1, 3);\ c_1 + C(2, 3);\ c_2 + C(3, 3)\} =$

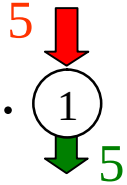
$= \min\{41{,}0;\ 17{,}5 + 20{,}0;\ 28{,}5 + 17{,}7\} = 37{,}5$

… eccetera

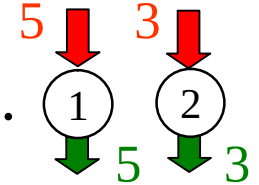
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 1

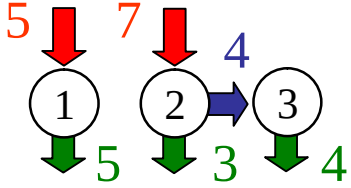
Fino a $T = 1$ la soluzione ottima è ovviamente …



Fino a $T = 2$ la soluzione ottima è ……



Fino a $T = 3$ la soluzione ottima è ……



… eccetera

Sulla base dei valori di $C(i, t)$ è ora possibile calcolare:

$c_1 = C(1, 1) = 17{,}5$

$c_2 = \min\{C(1, 2);\ c_1 + C(2, 2)\} = \min\{30{,}0;\ 17{,}5 + 11{,}0\} = 28{,}5$

$c_3 = \min\{C(1, 3);\ c_1 + C(2, 3);\ c_2 + C(3, 3)\} =$

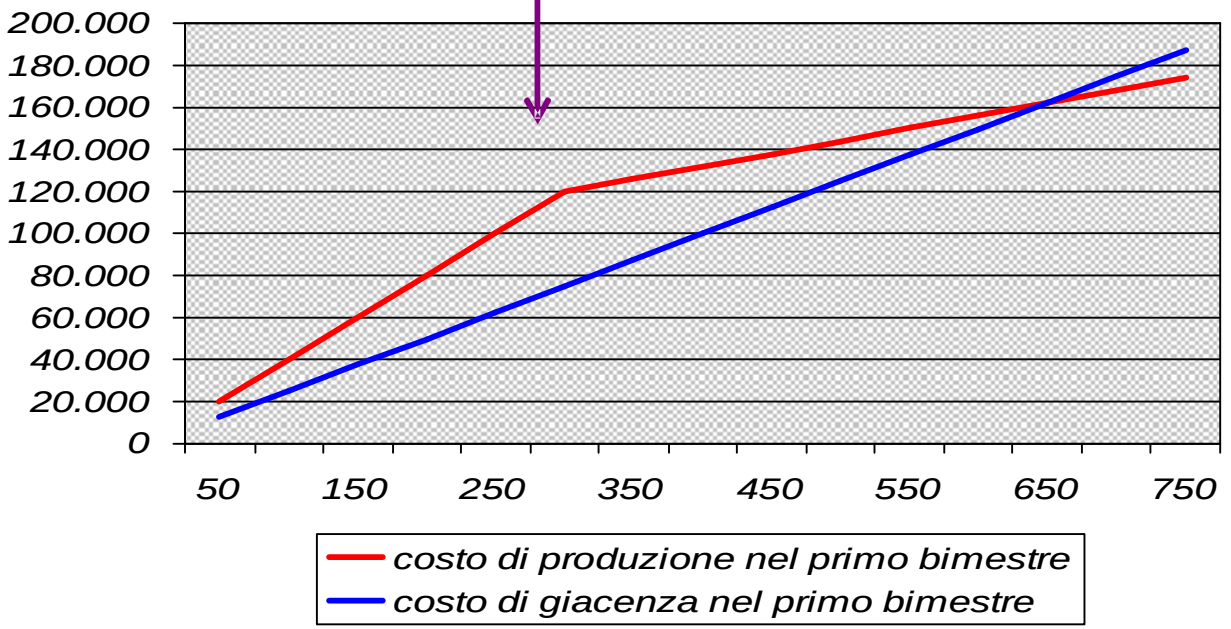
$= \min\{41{,}0;\ 17{,}5 + 20{,}0;\ 28{,}5 + 17{,}7\} = 37{,}5$

… eccetera

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (dati)

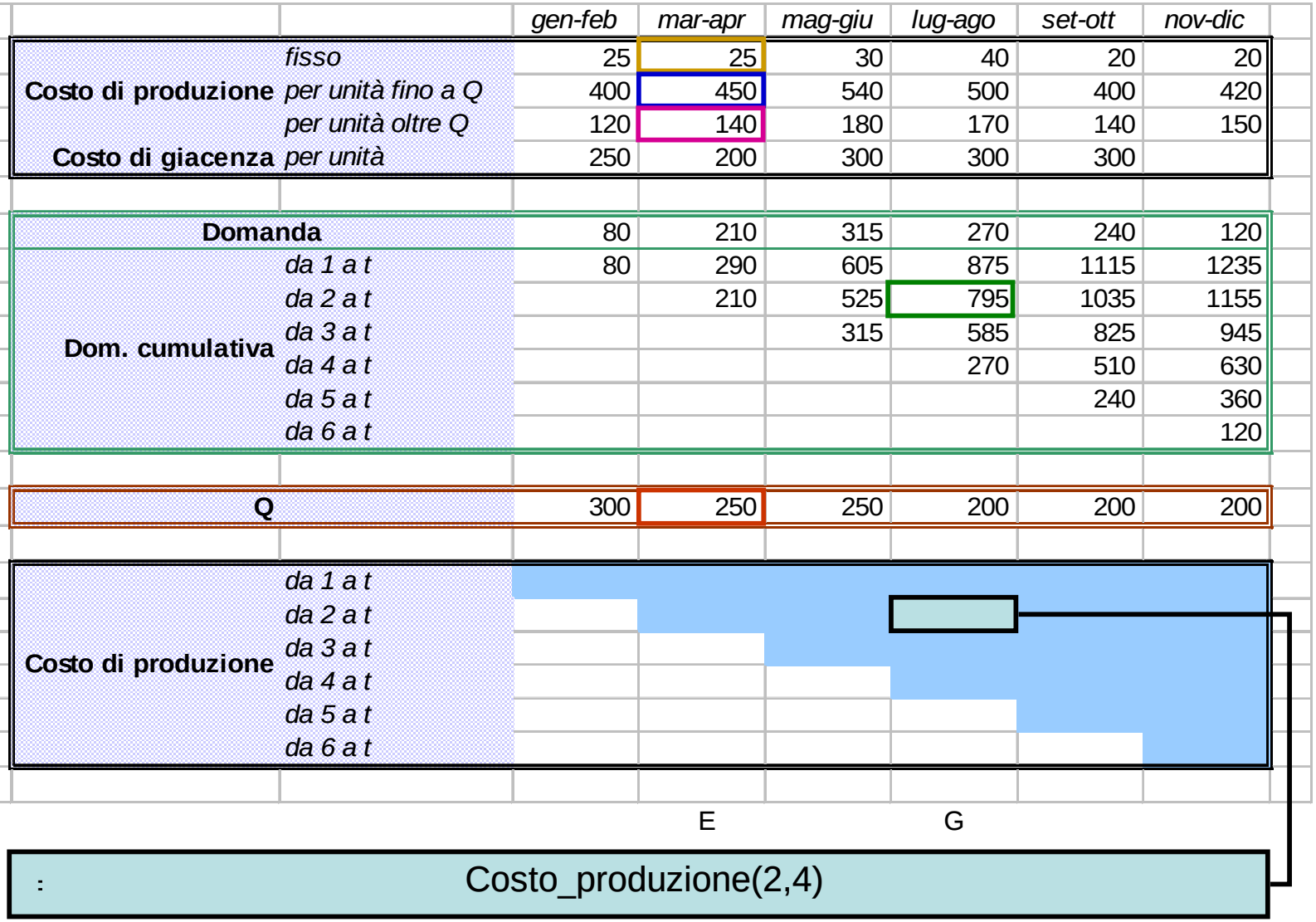
		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300	
Q		300	250	250	200	200	200
Domanda		80	210	315	270	240	120



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (calcolo di P_t)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20	2
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420	3
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150	4
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300		
Domanda		80	210	315	270	240	120	
Dom. cumulativa	*da 1 a t*	80	290	605	875	1115	1235	
	da 2 a t		210	525	795	1035	1155	9
	da 3 a t			315	585	825	945	
	da 4 a t				270	510	630	
	da 5 a t					240	360	
	da 6 a t						120	
Q		300	250	250	200	200	200	15
Costo di produzione	*da 1 a t*							
	da 2 a t							
	da 3 a t							
	da 4 a t							
	da 5 a t							
	da 6 a t							



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (calcolo di G_t)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20	
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420	
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150	
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300		5
Domanda		80	210	315	270	240	120	
Dom. cumulativa	*da 1 a t*	80	290	605	875	1115	1235	
	da 2 a t		210	525	795	1035	1155	9
	da 3 a t			315	585	825	945	
	da 4 a t				270	510	630	
	da 5 a t					240	360	
	da 6 a t						120	
Q		300	250	250	200	200	200	
Costo di giacenza	*da 1 a t*							
	da 2 a t							
	da 3 a t							
	da 4 a t							
	da 5 a t							
	da 6 a t							

D E

= MATR.PRODOTTO(D$5:D$5;E9:E9)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (calcolo di G_t)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20	
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420	
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150	
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300		5
Domanda		80	210	315	270	240	120	
Dom. cumulativa	*da 1 a t*	80	290	605	875	1115	1235	
	da 2 a t		210	525	795	1035	1155	9
	da 3 a t			315	585	825	945	10
	da 4 a t				270	510	630	
	da 5 a t					240	360	
	da 6 a t						120	
Q		300	250	250	200	200	200	
Costo di giacenza	*da 1 a t*							
	da 2 a t							
	da 3 a t							
	da 4 a t							
	da 5 a t							
	da 6 a t							

D E F

= MATR.PRODOTTO(D$5:E$5;F9:F10)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (calcolo di G_t)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic	
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20	
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420	
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150	
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300		5
Domanda		80	210	315	270	240	120	
Dom. cumulativa	*da 1 a t*	80	290	605	875	1115	1235	
	da 2 a t		210	525	795	1035	1155	9
	da 3 a t			315	585	825	945	10
	da 4 a t				270	510	630	11
	da 5 a t					240	360	12
	da 6 a t						120	13
Q		300	250	250	200	200	200	
Costo di giacenza	*da 1 a t*							
	da 2 a t							
	da 3 a t							
	da 4 a t							
	da 5 a t							
	da 6 a t							
		D	E	F	G	H	I	

= MATR.PRODOTTO(D$5:H$5;I9:I13)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (calcolo di G_t)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300	
Domanda		80	210	315	270	240	120
Dom. cumulativa	*da 1 a t*	80	290	605	875	1115	1235
	da 2 a t		210	525	795	1035	1155
	da 3 a t			315	585	825	945
	da 4 a t				270	510	630
	da 5 a t					240	360
	da 6 a t						120
Q		300	250	250	200	200	200
Costo di giacenza	*da 1 a t*						
	da 2 a t						
	da 3 a t						
	da 4 a t						
	da 5 a t						
	da 6 a t						

5

10

11

E F G

Costo_giacenza(2,4)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (calcolo di $C(i, t)$)

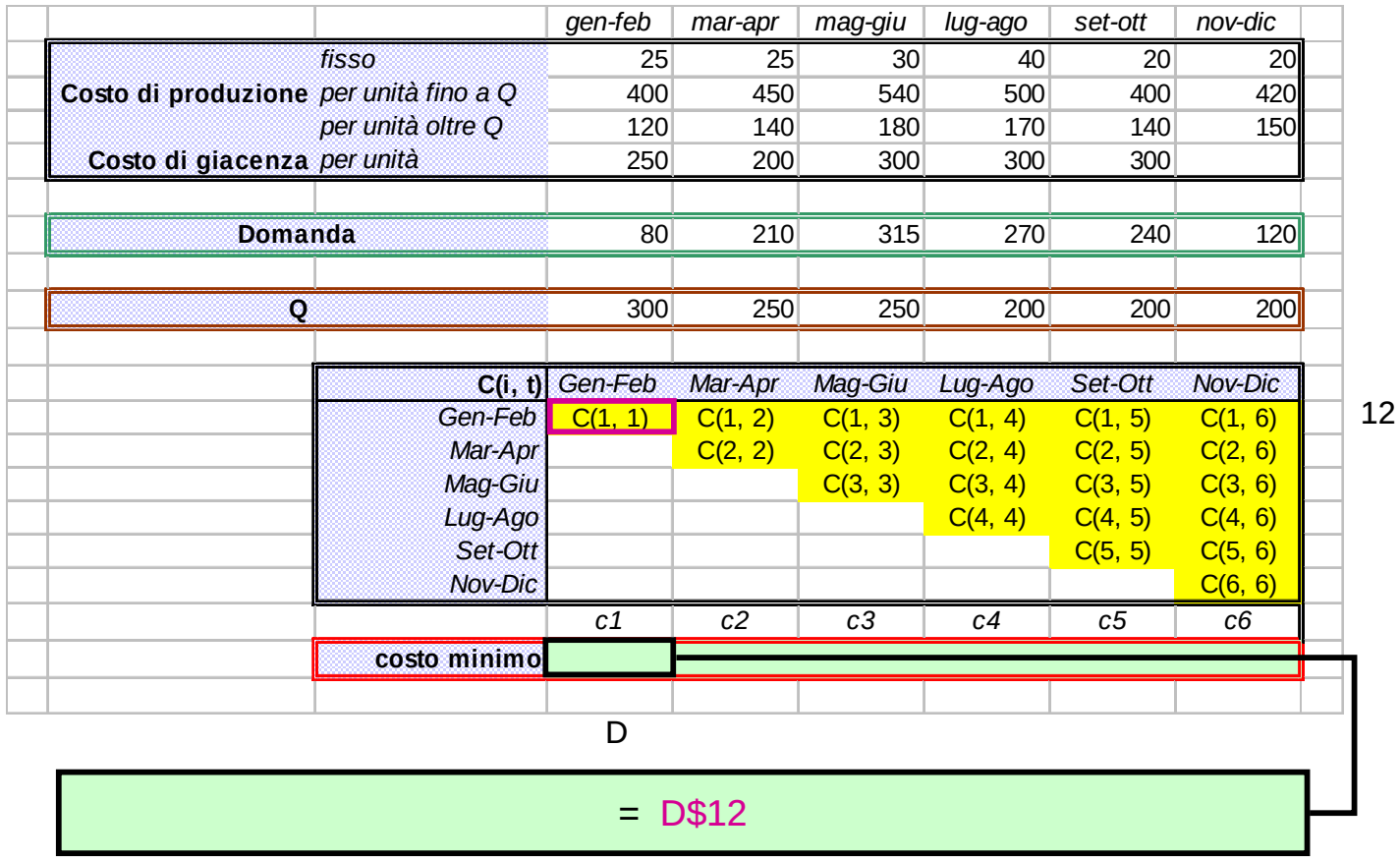
		gen-feb	*mar-apr*	*mag-giu*	*lug-ago*	*set-ott*	*nov-dic*
	fisso	25	25	30	40	20	20
Costo di produzione	*per unità fino a Q*	400	450	540	500	400	420
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300	
Domanda		80	210	315	270	240	120
Q		300	250	250	200	200	200

C(i, t)	*Gen-Feb*	*Mar-Apr*	*Mag-Giu*	*Lug-Ago*	*Set-Ott*	*Nov-Dic*
Gen-Feb						
Mar-Apr				C(2, 4)		
Mag-Giu						
Lug-Ago						
Set-Ott						
Nov-Dic						

= Costo_produzione(2, 4) + Costo_giacenza(2, 4)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (soluzione)



		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
Costo di produzione	fisso	25	25	30	40	20	20
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150
Costo di giacenza	per unità	250	200	300	300	300	
Domanda		80	210	315	270	240	120
Q		300	250	250	200	200	200

C(i, t)	Gen-Feb	Mar-Apr	Mag-Giu	Lug-Ago	Set-Ott	Nov-Dic
Gen-Feb	C(1, 1)	C(1, 2)	C(1, 3)	C(1, 4)	C(1, 5)	C(1, 6)
Mar-Apr		C(2, 2)	C(2, 3)	C(2, 4)	C(2, 5)	C(2, 6)
Mag-Giu			C(3, 3)	C(3, 4)	C(3, 5)	C(3, 6)
Lug-Ago				C(4, 4)	C(4, 5)	C(4, 6)
Set-Ott					C(5, 5)	C(5, 6)
Nov-Dic						C(6, 6)
	c1	c2	c3	c4	c5	c6
costo minimo						

12

D

= D$12

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (soluzione)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300	
Domanda		80	210	315	270	240	120
Q		300	250	250	200	200	200

C(i, t)	*Gen-Feb*	*Mar-Apr*	*Mag-Giu*	*Lug-Ago*	*Set-Ott*	*Nov-Dic*	
Gen-Feb	C(1, 1)	C(1, 2)	C(1, 3)	C(1, 4)	C(1, 5)	C(1, 6)	12
Mar-Apr		C(2, 2)	C(2, 3)	C(2, 4)	C(2, 5)	C(2, 6)	13
Mag-Giu			C(3, 3)	C(3, 4)	C(3, 5)	C(3, 6)	
Lug-Ago				C(4, 4)	C(4, 5)	C(4, 6)	
Set-Ott					C(5, 5)	C(5, 6)	
Nov-Dic						C(6, 6)	
	c1	*c2*	*c3*	*c4*	*c5*	*c6*	
costo minimo							19
	D	E					

= MIN(E$12; D19 + E$13)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Esempio 2 (soluzione)

		gen-feb	mar-apr	mag-giu	lug-ago	set-ott	nov-dic
Costo di produzione	*fisso*	25	25	30	40	20	20
	per unità fino a Q	400	450	540	500	400	420
	per unità oltre Q	120	140	180	170	140	150
Costo di giacenza	*per unità*	250	200	300	300	300	
Domanda		80	210	315	270	240	120
Q		300	250	250	200	200	200

C(i, t)	*Gen-Feb*	*Mar-Apr*	*Mag-Giu*	*Lug-Ago*	*Set-Ott*	*Nov-Dic*	
Gen-Feb	C(1, 1)	C(1, 2)	C(1, 3)	C(1, 4)	C(1, 5)	C(1, 6)	12
Mar-Apr		C(2, 2)	C(2, 3)	C(2, 4)	C(2, 5)	C(2, 6)	13
Mag-Giu			C(3, 3)	C(3, 4)	C(3, 5)	C(3, 6)	14
Lug-Ago				C(4, 4)	C(4, 5)	C(4, 6)	
Set-Ott					C(5, 5)	C(5, 6)	
Nov-Dic						C(6, 6)	
	c1	*c2*	*c3*	*c4*	*c5*	*c6*	
costo minimo							19
	D	E	F				

= MIN(F$12; D$19 + F$13; E$19 + F$14)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com