

Università degli Studi di Catania

D.M.I. & D.I.I.M.

Dottorato di Ricerca in Matematica Applicata all'Ingegneria

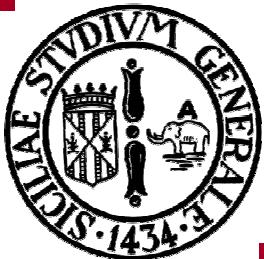
Corso di Ricerca Operativa

A.A. 2008/2009

Dott.ssa Laura Scrimali

Esercitazione di Programmazione Lineare in Ambienti Software MS Excel® e Matlab®

Dott. Ing. Antonio Latora
Dott. Ing. Marco Cannemi



Definizione Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a.

La Glass s.p.a. realizza infissi di qualità in legno ed alluminio.

L'azienda deve lanciare sul mercato 2 nuovi prodotti:

- Il prodotto 1 (Porta in vetro con intelaiatura in alluminio)
- Il prodotto 2 (Finestra in vetro con intelaiatura in legno)

Il management vuole conoscere la combinazione di prodotti che massimizza il profitto totale su base settimanale tenuto conto che il mercato assorbirà per intero la produzione realizzata.



Raccolta Dati Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a.

L'azienda è organizzata in 3 reparti produttivi: il reparto 1 produce i telai in alluminio ed opera per 4 ore a settimana, il reparto 2 realizza i telai in legno operando 12 ore a settimana, il reparto 3 produce il vetro ed assembla i prodotti finali, opera per 18 ore settimanali.

Il prodotto 1 necessita di 1 ora di lavoro presso il reparto 1 e 3 ore di lavoro presso il reparto 3, viene venduto al prezzo unitario di € 300,00

Il prodotto 2 necessita di 2 ore di lavoro presso il reparto 2 e 2 ore di lavoro presso il reparto 3, viene venduto al prezzo unitario di € 500,00



Modello Matematico Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a.

La formulazione del modello matematico ovvero la corretta e completa traduzione del problema “Fisico” in variabili, coefficienti, vincoli e funzioni rappresenta la fase più delicata del processo di applicazione della tecnica di P.L.

x_1	Numero di prodotti tipo 1 realizzati in una settimana
x_2	Numero di prodotti tipo 2 realizzati in una settimana
$Z = 300 \cdot x_1 + 500 \cdot x_2$	Profitto settimanale da massimizzare
$x_1 \leq 4$	Vincolo di produttività sullo stabilimento 1
$2 \cdot x_2 \leq 12$	Vincolo di produttività sullo stabilimento 2
$3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 18$	Vincolo di produttività sullo stabilimento 3
$x_1 \geq 0$	Vincolo di non negatività sulla variabile 1
$x_2 \geq 0$	Vincolo di non negatività sulla variabile 2



Forma Standard per il Generico Problema di P.L.

Risorse	Risorse richieste per unità di attività				Risorse disponibili	
	Attività					
	1	2	...	n		
1	a_{11}	...		a_{1n}	b_1	
:	:	Tabella Dati		:	:	
m	a_{m1}	...		a_{mn}	b_m	
Contributo a Z per unità di attività	c_1	c_2	...	c_n		

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \quad \text{Funzione Obiettivo}$$

$$\text{S.T. } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{Vincoli Strutturali}$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Vincoli di Non Negatività}$$



Forma Standard per il Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a.

Stabilimenti	Ore richieste per unità di prodotto		Ore disponibili per stabilimento	
	Prodotti			
	1	2		
1	1	0	4	
2	0	2	12	
3	3	2	18	
Profitto unitario per prodotto	€ 300,00	€ 500,00		

$$\text{Max } Z = 300 \cdot x_1 + 500 \cdot x_2$$

Funzione Obiettivo

$$\text{S.T. } x_1 \leq 4$$

$$2 \cdot x_2 \leq 12$$

$$3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 18$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

Vincoli Strutturali

Vincoli di Non Negatività



Forma Matriciale per il Generico Problema di P.L.

**Matrice dei
Coeffienti di
Assorbimento**

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

**Vettore delle
Variabili**

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$

**Vettore dei
Vincoli**

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}$$

**Vettore Coefficienti
Funzione Obiettivo**

$$c = [c_1 \quad \dots \quad c_n]$$

Max Z = cx **Funzione Obiettivo**

S.T. Ax ≤ b **Vincoli Strutturali**

x ≥ 0 **Vincoli di Non Negatività**



Forma Matriciale Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a.

Ore stabilimento
richieste per unità
di prodotto

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \\ 3 & 2 \end{bmatrix}$$

Quantità di
prodotti realizzati
per settimana

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Ore disponibili
per stabilimento

$$b = \begin{bmatrix} 4 \\ 12 \\ 18 \end{bmatrix}$$

Guadagno unitario
per prodotto

$$c = [300,00 \quad 500,00]$$

$$\text{Max } Z = [300,00 \quad 500,00] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad \text{Funzione Obiettivo}$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 4 \\ 12 \\ 18 \end{bmatrix}$$

Vincoli Strutturali

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Vincoli di Non Negatività



Il Risolutore di MS Excel® per i Problemi di P.L.

Risolutore è un componente aggiuntivo di MS Excel®, per utilizzarlo è necessario prima caricarlo seguendo le istruzioni riportate:

1. Clic sul pulsante con il logo di Microsoft Office, quindi su “Opzioni di Excel”.
2. Clic su “Componenti aggiuntivi” e quindi su “Componenti aggiuntivi di Excel” nella casella “Gestisci”.
3. Clic su “Vai” quindi nella casella “Componenti aggiuntivi disponibili” selezionare la casella di controllo “Componente aggiuntivo Risolutore” e di seguito clic su “OK”.

“Risolutore” sarà disponibile nel gruppo “Analisi” della scheda “Dati”.

Per i problemi di P.L. intera Risolutore utilizza il metodo del rimpicciolimento e la tecnica branch-and-bound



Layout MS Excel® per il Generico Problema di P.L.

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a..xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Incolla Appunti Tahoma 12 Generale Formattazione condizionale Inserisci Elimina Ordina e filtra Celle Modifica

Carattere Allineamento Numeri Stili Formato Celle Modifica

E16 Barra della formula

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Var.1	...		Var.n					
3	Ris.1	a ₁₁	...		a _{1n}					
4		⋮			⋮					
5										
6										
7	Ris.m	a _{m1}	...		a _{mn}					
8										
9		Var.1	...		Var.n					
10	Z unitario	c ₁	...		c _n					
11										
12		Var.1	...		Var.n					
13	Incognite	0	0	0	0					
14										

=MATR.SOMMA.PRODOTTO
(B3:E3;\$B\$13:\$E\$13)

=MATR.SOMMA.PRODOTTO
(\$B\$10:\$E\$10;\$B\$13:\$E\$13)

Foglio1 Foglio2

Pronto Calcola 100% 100%



Layout MS Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a.

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Incolla Appunti Tahoma 12 Generale Formattazione condizionale Inserisci Elimina Ordina e filtra

Carattere Allineamento Numeri Stili cella Stili Celle Modifica

M16 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2			Prodotto1	Prodotto2								
3	Stabilimento1		1	0	Stabilimento1	0	≤	4	Profitto	0		
4	Stabilimento2		0	2	Stabilimento2	0	≤	12				
5	Stabilimento3		3	2	Stabilimento3	0	≤	18				
6												
7			Prodotto1	Prodotto2								
8	Profitto unitario		300	500								
9												
10			Prodotto1	Prodotto2								
11	Quantità		0	0								
12												
13												
14												
15												

MATR.SOMMA.PRODOTTO
(B3:C3;\$B\$11:\$C\$11)

=MATR.SOMMA.PRODOTTO
(B8:C8;B11:C11))

Foglio1 Foglio2

Pronto Calcola 100% 100%



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 0

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Connessioni Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A Cancella Riapplica Avanzate Ordina Filtro Testo in colonna duplikat Rimuovi Strumenti dati Raggruppa Separa Subtotale Struttura Analisi

M16

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Prodotto1	Prodotto2									
3	Stabilimento1	1	0		Stabilimento1	0	≤	4		Profitto	0	
4	Stabilimento2	0	2		Stabilimento2	0	≤	12				
5	Stabilimento3	3	2		Stabilimento3	0	≤	18				
6												
7		Prodotto1	Prodotto2									
8	Profitto unitario	300	500									
9												
10		Prodotto1	Prodotto2									
11	Quantità	0	0									
12												
13												
14												
15												

Parametri del Risolutore

Imposta cella obiettivo: Risolvi

Uguale a: Max Min Valore di: 0

Cambiando le celle: Ipotizza

Vincoli:

Aggiungi Cambia Elimina Reimposta

Foglio1 Foglio2

Invio Calcola



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 1

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Connessioni Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A Ordina Filtro Cancella Riapplica Avanzate Testo in colonna duplice Rimuovi Strumenti dati Raggruppa Separa Subtotale Analisi Risolutore

K3 A B C D E F G H I J K L

	Prodotto1		Prodotto2									
1												
2		Stabilimento1	Stabilimento2	Stabilimento3								
3	1	0			Stabilimento1	0	≤	4	Profitto	0		
4	0	2			Stabilimento2	0	≤	12				
5	3	2			Stabilimento3	0	≤	18				
6												
7		Prodotto1	Prodotto2									
8	Profitto unitario	300	500									
9												
10		Prodotto1	Prodotto2									
11	Quantità	0	0									
12												
13												
14												
15												

Parametri del Risolutore

Imposta cella obiettivo: \$K\$3

Uguale a: Max Min Valore di: 0

Risovi

?

Cambiando le celle:

Ipotizza

Chiudi

Aggiungi

Cambia

Elimina

Opzioni

Reimposta

Foglio1 Foglio2

Puntamento Calcola



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 2

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Connessioni Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A Cancella Ordina Riapplica Avanzate Z A Z A Filtro Testo in Strumenti dati Rimuovi colonne duplicati

Raggruppa Separa Subtotale Analisi

Risolutore

B11 f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Prodotto1	Prodotto2									
3	Stabilimento1	1	0		Stabilimento1	0	≤	4	Profitto	0		
4	Stabilimento2	0	2		Stabilimento2	0	≤	12				
5	Stabilimento3	3	2		Stabilimento3	0	≤	18				
6												
7		Prodotto1	Prodotto2									
8	Profitto unitario	300	500									
9												
10		Prodotto1	Prodotto2									
11	Quantità	0	0									
12												
13												
14												
15												

Parametri del Risolutore

Imposta cella obiettivo: \$K\$3

Uuale a: Max

Cambiando le celle: \$B\$11:\$C\$11

Vincoli:

Risolvi

?

Ipotizza

Chiudi

Aggiungi

Cambia

Elimina

Opzioni

Reimposta

Foglio1 Foglio2

Puntamento Calcola



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 3

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Connessioni Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A Ordina Filtro Cancella Riapplica Avanzate Testo in colonna duplicati Rimuovi Strumenti dati Subtotale Raggruppa Separa Analisi dati Risolutore

K3 ffx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Prodotto1	Prodotto2									
3	Stabilimento1	1	0		Stabilimento1	0	≤	4		Profitto	0	
4	Stabilimento2	0	2		Stabilimento2	0	≤	12				
5	Stabilimento3	3	2		Stabilimento3	0	≤	18				
6												
7		Prodotto1	Prodotto2									
8	Profitto unitario	300	500									
9												
10		Prodotto1	Prodotto2									
11	Quantità	0	0									
12												
13												
14												
15												

Parametri del Risolutore

Imposta cella obiettivo: \$K\$3

Uguale a: Max Min Valore di: 0

Cambiando le celle: \$B\$11:\$C\$11

Vincoli:

\$F\$3:\$F\$5 <= \$H\$3:\$H\$5

Risoluvi Ipotizza Chiudi Opzioni Reimposta

Aggiungi Cambia Elimina

Foglio1 Foglio2

Puntamento Calcola



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 4

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Connessioni Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A
Z A Ordina Filtro Avanzate

Testo in colonne Rimuovi duplicati Strumenti dati

Raggruppa Separare Subtotale Analisi

Analisi dati Risolutore

K3 =MATR.SOMMA.PRODOTTO(B8:C8;B11:C11)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Prodotto1	Prodotto2									
3	Stabilimento1	1	0		Stabilimento1	0	≤	4	Profitto	0		
4	Stabilimento2	0	2		Stabilimento2	0						
5	Stabilimento3	3	2		Stabilimento3	0						
6												
7		Prodotto1	Prodotto2									
8	Profitto unitario	300	500									
9												
10		Prodotto1	Prodotto2									
11	Quantità	0	0									
12												
13												
14												
15												

Opzioni del Risolutore

Tempo massimo: 100 secondi OK

Iterazioni: 100 Annulla

Approssimazione: 0,000001 Carica modello...

Tolleranza: 5 % Salva modello...

Convergenza: 0,0001 ?

Presupponi modello lineare Usa scala automatica

Presupponi non negativo Mostra il risultato delle iterazioni

Stima Derivate

Tangente Diretta

Quadratica Centrale

Cerca

Newton Gradienti coniugati



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 5

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.,xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A Ordina Filtro Avanzate Testo in colonna Rimuovi duplicati Strumenti dati

Raggruppa Separa Subtotale Analisi Risolutore

A1 f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Prodotto1	Prodotto2										
3	Stabilimento1	1	0	Stabilimento1	2	≤	4						
4	Stabilimento2	0	2	Stabilimento2	12	≤	12						
5	Stabilimento3	3	2	Stabilimento3	18	≤	18						
6													
7		Prodotto1	Prodotto2										
8	Profitto unitario	300	500										
9													
10		Prodotto1	Prodotto2										
11	Quantità	2	6										
12													
13													
14													
15													

Risultato del Risolutore

Il Risolutore ha trovato una soluzione. Tutti i vincoli e le condizioni di ottimizzazione sono stati soddisfatti.

Mantieni la soluzione del Risolutore
 Ripristina i valori originali

OK Annulla Salva Scenario... ?

Foglio1 Foglio2

Pronto

100%



Risoluzione Excel® Problema di P.L. Azienda Glass s.p.a. Step 6

Esercitazione di P.L. Glass s.p.a.xlsx - Microsoft Excel

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza

Carica dati esterni Aggiorna tutti Connessioni Proprietà Modifica collegamenti Connessioni

A Z A Z A Z A Ordina Filtro Avanzate Testo in colonne duplicati Rimuovi Strumenti dati Raggruppa Separare Subtotale Analisi Risolutore

Documenti A B C D E F G H I J K L

1 Prodotto1 Prodotto2 Stabilimento1 1 0 Stabilimento1 2 ≤ 4 Profitto 3600
2 Stabilimento2 0 2 Stabilimento2 12 ≤ 12
3 Stabilimento3 3 2 Stabilimento3 18 ≤ 18

6

7 Prodotto1 Prodotto2
8 Profitto unitario 300 500

10 Prodotto1 Prodotto2
11 Quantità 2 6

Risultato del Risolutore

Il Risolutore ha trovato una soluzione. Tutti i vincoli e le condizioni di ottimizzazione sono stati soddisfatti.

Mantieni la soluzione del Risolutore
 Ripristina i valori originali

OK Annulla Salva Scenario... ?

Foglio1 Foglio2

Pronto 100%

Analisi Rapporti Valori Sensibilità Limiti



Analisi Post-Ottimale in MS Excel®: Rapporto Valori

A1 Microsoft Excel 12.0 Rapporto valori

1 Microsoft Excel 12.0 Rapporto valori

2 Foglio di lavoro: [Esercitazione di P.L. Glass s.p.a..xlsx]Foglio1

3 Data di creazione: 21/04/2009 17.37.42

4

5 Cella obiettivo (Max)

Cella	Nome	Valori originali	Valore finale
\$K\$3	Profitto	0	3600

8

9 Celle variabili

Cella	Nome	Valori originali	Valore finale
\$B\$11	Quantità Prodotto1	0	2
\$C\$11	Quantità Prodotto2	0	6

13

14 Vincoli

Cella	Nome	Valore della cella	Formula	Stato	Tolleranza
\$F\$3	Stabilimento1	2	\$F\$3<=\$H\$3	Non vincolante	2
\$F\$4	Stabilimento2	12	\$F\$4<=\$H\$4	Vincolante	0
\$F\$5	Stabilimento3	18	\$F\$5<=\$H\$5	Vincolante	0

Rapporto valori 1 Rapporto sensibilità 1 Rapporto limiti 1

Pronto Calcola 100%

Condizione vincolare



Analisi Post-Ottimale in MS Excel®: Rapporto Sensibilità

A1 Microsoft Excel 12.0 Rapporto sensibilità

Microsoft Excel 12.0 Rapporto sensibilità
Foglio di lavoro: [Esercitazione di P.L. Glass s.p.a..xlsx]Foglio1
Data di creazione: 21/04/2009 17.37.42

Celle variabili

Cella	Nome	Valore finale	ridotto Costo	oggettivo Coefficiente	consentito Incremento	consentito Decremento
\$B\$11	Quantità Prodotto1	2	0	300	450	300
\$C\$11	Quantità Prodotto2	6	0	500	1E+30	300

Intervallo ottimalità soluzione corrente

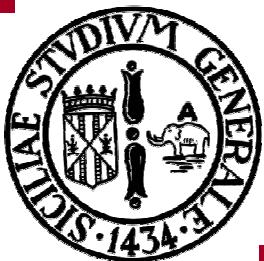
Vincoli

Cella	Nome	Valore finale	ombra Prezzo	Vincolo a destra	consentito Incremento	consentito Decremento
\$F\$3	Stabilimento1	2	0	4	1E+30	2
\$F\$4	Stabilimento2	12	150	12	6	6
\$F\$5	Stabilimento3	18	100	18	6	6

Intervallo ammissibilità prezzi ombra correnti

Rapporto valori 1 Rapporto sensibilità 1 Rapporto limiti 1

Pronto Calcola 100%



Analisi Post-Ottimale in MS Excel®: Rapporto Limiti

A1 Microsoft Excel 12.0 Rapporto limiti

1 Microsoft Excel 12.0 Rapporto limiti

2 Foglio di lavoro: [Esercitazione di P.L. Glass s.p.a..xlsx]Rapporto limiti 1

3 Data di creazione: 21/04/2009 17.37.42

4

5

6 Obiettivo

Cella	Nome	Valore
\$K\$3	Profitto	3600

9

10

11 Variabile

Cella	Nome	Valore
\$B\$11	Quantità Prodotto1	2
\$C\$11	Quantità Prodotto2	6

12

13

14

15

16

17

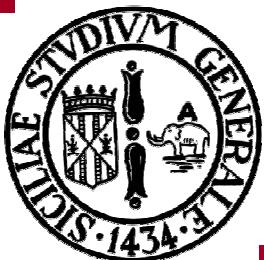
18

Limite inferiore	Risultato obiettivo	Limite superiore	Risultato obiettivo
0	3000	2	3600
0	600	6	3600

Rapporto sensibilità 1 Rapporto limiti 1 Foglio1 Foglio2

Pronto Calcola 100% +

Intervallo ammissibilità soluzione corrente



La Funzione *linprog* di Matlab®

La funzione ***linprog*** di Matlab risolve problemi di programmazione lineare del tipo:

$$\min_x f^T x \quad \left\{ \begin{array}{l} A \cdot x \leq b, \\ Aeq \cdot x = beq, \\ lb \leq x \leq ub. \end{array} \right.$$

f, x, b, beq, lb, ub sono vettori colonna.

A, Aeq sono matrici.

La sintassi è la seguente:

[x,fval,exitflag,output] = linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub,x0,options)



Argomenti in Input Funzione *linprog*

f	Vettore colonna coefficienti funzione obiettivo
Aineq	Matrice coefficienti vincoli in diseguaglianza
bineq	Vettore colonna coefficienti lato destro vincoli in diseguaglianza
Aeq	Matrice coefficienti vincoli in uguaglianza
beq	Vettore colonna coefficienti lato destro vincoli in uguaglianza
lb	Vettore di lower bounds per variabili
ub	Vettore di upper bounds per variabili
x0	Punto iniziale (Algoritmo active-set)
options	Struttura delle opzioni creata con optimset



Opzioni in Input Funzione *linprog*

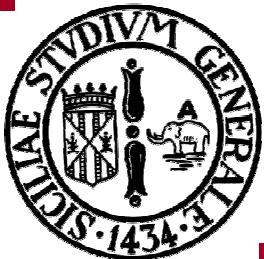
Diagnostics Fornisce informazioni sulla funzione obiettivo.

Display '**off**' non mostra nessun output;
'**iter**' mostra l'output ad ogni iterazione;
'**final**' (default) mostra solo l'output finale.

MaxIter Massimo numero di iterazioni consentito.

Simplex '**on**' la funzione usa l'algoritmo del simplesso.

Di default *linprog* usa l'algoritmo Interior Point, per usare il metodo del simplesso si deve inoltre settare l'opzione '**LargeScale**' in '**off**'.



Argomenti in Ouput

Funzione *linprog*

- x** Soluzione per il problema di ottimizzazione.
- fval** Valore della funzione obiettivo alla soluzione.
- Exitflag** Identifica il motivo per cui l'algoritmo è terminato (1: Funzione convergente, 0: Superamento numero massimo di iterazioni consentito, -2: Inesistenza soluzioni ammissibili).
- Output** Informazioni di uscita (**iterations**: Numero delle iterazioni, **algorithm**: Algoritmo di ottimizzazione usato, **message**: Messaggio finale)
- lambda** Soluzione ottima problema duale (**ineqlin**: Vincoli in disuguaglianza, **eqlin**: Vincoli in uguaglianza, **upper**: Capacità superiore, **lower**: Capacità inferiore)



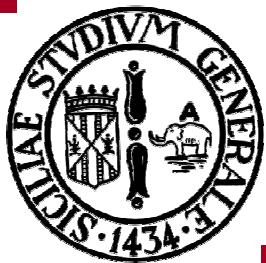
Optimization Toolbox di Matlab®

Optimtool è un toolbox di Matlab® dotato di graphical user interface ed utilizzabile per la risoluzione di problemi di ottimizzazione di diversa natura.

Optimotool consente l'utilizzazione di algoritmi sia esaustivi che euristici, dal metodo del simplesso agli algoritmi genetici; utilizza anche la funzione *linprog*.

Per lanciare la GUI di **Optimotool** è necessario digitare nel Command Window di Matlab il comando: **>> optimtool**

```
Command Window
>> optimtool
```



La GUI di Optimization Toolbox

Optimization Tool

File Help

Problem Setup and Results

Solver: linprog - Linear programming
Algorithm: Medium scale - simplex

Problem
 $f:$

Constraints:

Linear inequalities: $A:$ $b:$
Linear equalities: $A_{eq}:$ $b_{eq}:$
Bounds: Lower: Upper:

Start point:
 Let algorithm choose point
 Specify point:

Run solver and view results

Current iteration: Clear Results

Final point:

Options

Stopping criteria
Max iterations: Use default: $10 * \text{numberOfVariables}$
 Specify:

Function tolerance: Use default: $1e-06$
 Specify:

Display to command window
Level of display: off

Show diagnostics

Quick Reference

linprog Solver
Solve a linear programming problem.
Click to expand the section below corresponding to your task.

Problem Setup and Results

- ▶ [Solver and Algorithm](#)
- ▶ [Problem](#)
- ▶ [Constraints](#)
- ▶ [Start point](#)
- ▶ [Run solver and view results](#)

Options

- ▶ [Stopping criteria](#)
- ▶ [Display to command window](#)

More Information

- ▶ [User Guide](#)
- ▶ [Function equivalent](#)



Risoluzione Problema di P.L. Glass s.p.a. Optimtool. Step 1

Optimization Tool

File Help

Selezione del tipo di problema (Linear programming)

Problem Setup and Results

Solver: linprog - Linear programming

Algorithm: Medium scale - simplex

Problem: f: Selezione del tipo di algoritmo (Simplex)

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: Upper:

Start point:

Let algorithm choose point

Specify point:

Run solver and view results

Options

Stopping criteria

Max iterations: Use default: 10*nu
 Specify:

Function tolerance: Use default: 1e-06
 Specify:

Display to command window

Level of display: off

Show diagnostics



Risoluzione Problema di P.L. Glass s.p.a. Optimtool. Step 2

Optimization Tool

File Help

Problem Setup and Results

Solver: linprog - Linear programming

Algorithm: Medium scale - simplex

Problem: $f = -c^T = [-300; -500]$

f: $[-300; -500]$

Constraints:

Linear inequalities: A: $[1 \ 0; 0 \ 2; 3 \ 2]$ b: $[4; 12; 18]$

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: $[0;0]$ Upper:

Start point:

Let algorithm choose point

Specify point: _____

Options

Stopping criteria

Max iterations: Use default: 10
 Specify: _____

Function tolerance: Use default: 1e-6
 Specify: _____

Display to command window

Level of display: iterative

Show diagnostics

Run solver and view results



Risoluzione Problema di P.L. Glass s.p.a. Optimtool. Step 3

Start point:

Let algorithm choose point

Specify point:

Run solver and view results

Start ottimizzazione

Start **Pause** **Stop**

Current iteration: 2 **Clear Results**

Optimization running.
Optimization terminated.
Objective function value: -3600.0
Optimization terminated.

Valore ottimo funzione obiettivo

Final point:

Index	Value
1	2
2	6

Valore ottimo Variabili



Diagnostic Information di Optimtool

```
Command Window
=====
Diagnostic Information

Number of variables: 2

Number of linear inequality constraints:      3
Number of linear equality constraints:        0
Number of lower bound constraints:           2
Number of upper bound constraints:            0

Algorithm selected
medium-scale: simplex

=====
End diagnostic information

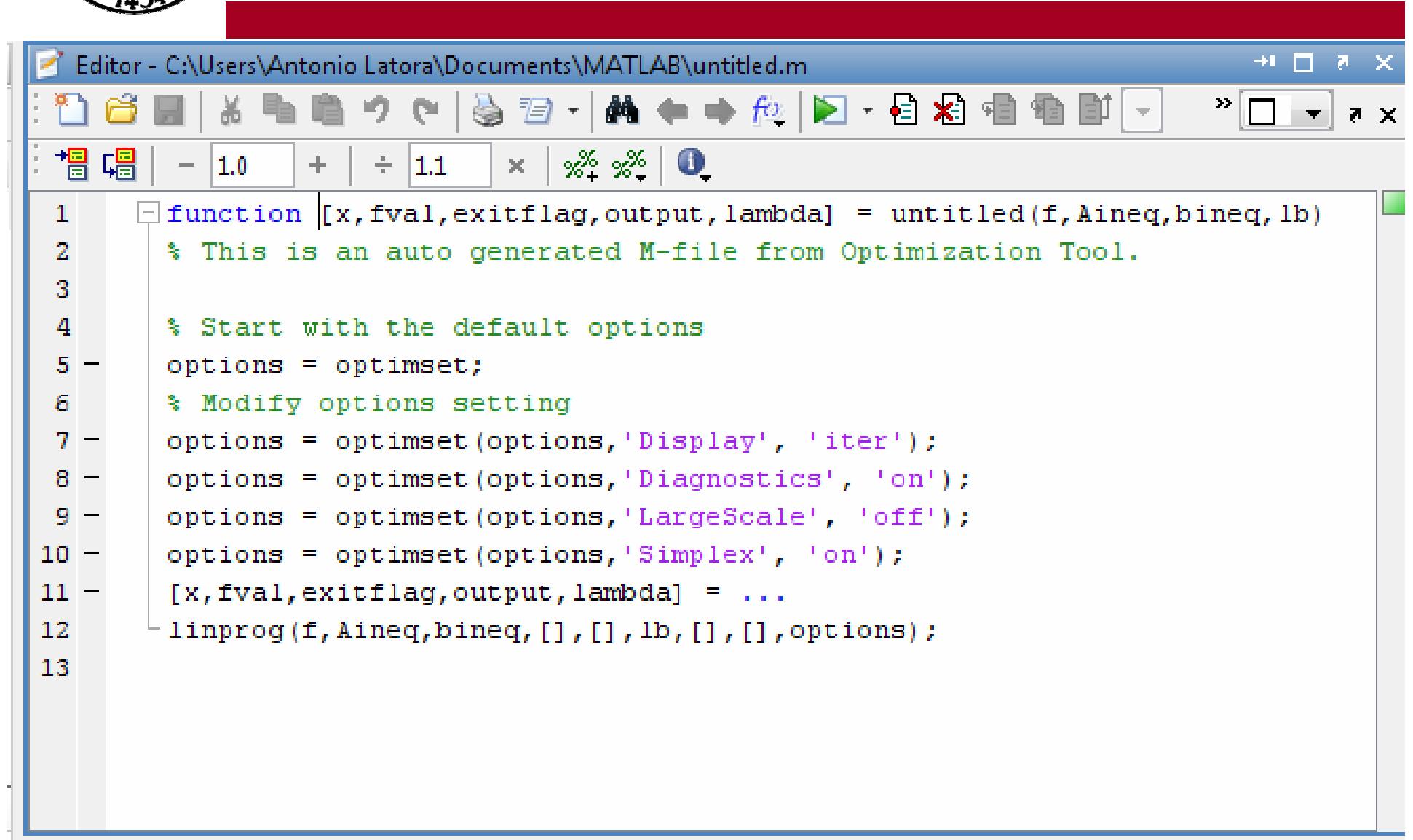
The default starting point is feasible, skipping Phase 1.

Phase 2: Minimize using simplex.
          Iter       Objective           Dual Infeasibility
                  f'*x             A'*y+z-w-f
          0               0                 583.095
          1            -3000                  300
          2            -3600                  0
Optimization terminated.

fx >> |
```



M – File generato da Optimtool



The image shows a MATLAB Editor window titled "Editor - C:\Users\Antonio Latora\Documents\MATLAB\untitled.m". The window displays an M-file generated by the Optimization Tool. The code is as follows:

```
1 function [x,fval,exitflag,output,lambda] = untitled(f,Aineq,bineq,lb)
2 % This is an auto generated M-file from Optimization Tool.
3
4 % Start with the default options
5 options = optimset;
6 % Modify options setting
7 options = optimset(options,'Display', 'iter');
8 options = optimset(options,'Diagnostics', 'on');
9 options = optimset(options,'LargeScale', 'off');
10 options = optimset(options,'Simplex', 'on');
11 [x,fval,exitflag,output,lambda] = ...
12 linprog(f,Aineq,bineq,[],[],lb,[],[],options);
```



Esportazione problema da Optimtool al Workspace

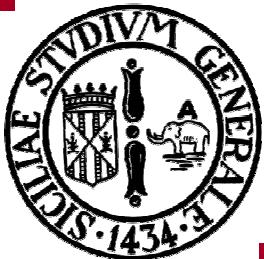
The image shows two MATLAB Variable Editors side-by-side, illustrating the export of optimization problems from the Optimizer tool to the workspace.

Left Variable Editor - optimproblem:

Field	Value	Min	Max
f	[-300;-500]	-500	-300
Aineq	[1,0;0,2;3,2]	0	3
bineq	[4;12;18]	4	18
Aeq	[]		
beq	[]		
lb	[0;0]	0	0
ub	[]		
x0	[2;6]	2	6
solver	'linprog'		
options	<1x1 struct>		

Right Variable Editor - optimresults:

Field	Value	Min	Max
x	[2;6]	2	6
fval	-3600	-3600	-3600
exitflag	1	1	1
output	<1x1 struct>		
lambda	<1x1 struct>		



Caso Studio Metalco Company

La Metalco Company produce leghe metalliche e deve lanciare sul mercato una nuova lega composta per il 40% di **Sn**, per il 35% di **Zn**, per il 25% di **Pb**.

La nuova lega verrà prodotta miscelando opportunamente 5 leghe disponibili aventi le caratteristiche a seguire:

	Lega1	Lega2	Lega3	Lega4	Lega5
% Sn	60	25	45	20	50
% Zn	10	15	45	50	40
% Pb	30	60	10	30	10
	Lega1	Lega2	Lega3	Lega4	Lega5
Costo unitario [€/Kg]	22	20	25	24	27

Il management intende minimizzare il costo di produzione della nuova lega. **BUON LAVORO...**