

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Febbraio 2024

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Si considerino i seguenti vincoli in cui tutte le variabili x_i sono reali e non negative:

$$\begin{aligned} 2x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 + x_5 &= 4 \\ x_1 + x_2 + 2x_4 &= 4 \end{aligned}$$

Indicare nella seguente tabella se le coppie di variabili riportate nella prima colonna formano una base ammissibile, non ammissibile o non formano alcuna base scrivendo SI o NO in base al fatto che la risposta sia affermativa o meno: se sia ammissibile.

	Base Ammiss.	Base Non ammiss.	Non formano Base
$\{x_1, x_2\}$			
$\{x_1, x_3\}$			
$\{x_2, x_4\}$			
$\{x_3, x_5\}$			

- N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Febbraio 2024

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Si considerino i seguenti vincoli in cui tutte le variabili x_i sono reali e non negative:

$$\begin{aligned} x_1 + 3x_2 + 3x_3 + x_4 + 3x_5 &= 10 \\ 2x_1 + 6x_3 + x_5 &= 4 \end{aligned}$$

Indicare nella seguente tabella se le coppie di variabili riportate nella prima colonna formano una base ammissibile, non ammissibile o non formano alcuna base scrivendo SI o NO in base al fatto che la risposta sia affermativa o meno: se sia ammissibile.

	Base Ammiss.	Base Non ammiss.	Non formano Base
$\{x_1, x_2\}$			
$\{x_1, x_3\}$			
$\{x_2, x_4\}$			
$\{x_4, x_5\}$			

●●N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Febbraio 2024

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Si considerino i seguenti vincoli in cui tutte le variabili x_i sono reali e non negative:

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + 4x_4 &= 10 \\ 3x_1 + 6x_2 + 3x_3 + 5x_5 &= 15 \end{aligned}$$

Indicare nella seguente tabella se le coppie di variabili riportate nella prima colonna formano una base ammissibile, non ammissibile o non formano alcuna base scrivendo SI o NO in base al fatto che la risposta sia affermativa o meno: se sia ammissibile.

	Base Ammiss.	Base Non ammiss.	Non formano Base
$\{x_1, x_2\}$			
$\{x_1, x_3\}$			
$\{x_2, x_4\}$			
$\{x_4, x_5\}$			

o N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Febbraio 2024

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 3x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ 4x_1 + 2x_2 &\geq 8 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Si considerino i seguenti vincoli in cui tutte le variabili x_i sono reali e non negative:

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_5 &= 4 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 &= 6 \end{aligned}$$

Indicare nella seguente tabella se le coppie di variabili riportate nella prima colonna formano una base ammissibile, non ammissibile o non formano alcuna base scrivendo SI o NO in base al fatto che la risposta sia affermativa o meno: se sia ammissibile.

	Base Ammiss.	Base Non ammiss.	Non formano Base
$\{x_1, x_2\}$			
$\{x_1, x_3\}$			
$\{x_3, x_4\}$			
$\{x_4, x_5\}$			

oo N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata **SEMPRE** la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Gennaio 2024

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 3x_2 + 3x_3 \\ & x_1 - x_2 + 2x_3 \leq 1 \\ & 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 2 \\ & 3x_1 + x_2 + x_3 \leq 3 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = -x_2 \\ & x_1 + x_2 \geq 3 \\ & x_1 - x_2 \leq 0 \\ & x_2 \leq 3 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Individuare l'unica copertura minima associate al seguente vincolo

$$5x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 \leq 16$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad essa.

4. Cosa rappresentano, dal punto di vista geometrico, le BFS?

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Novembre 2023-I Turno (A)

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 5x_2 + 3x_3 \\ & 3x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 6 \\ & 2x_1 + x_2 + x_3 \geq 4 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = -x_2 \\ & x_1 + x_2 \geq 4 \\ & x_1 - x_2 \leq 1 \\ & x_1 \leq 3 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Si considerino i seguenti vincoli:

$$\begin{array}{rcccccc} x_1 & +x_2 & +3x_3 & +x_4 & & = & 2 \\ 2x_1 & +4x_2 & +5x_3 & & +x_5 & = & 6 \end{array} \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, 5$$

Spiegare perchè l'insieme composto dalle variabili $\{x_1, x_3\}$ può costituire una base e verificare se sia ammissibile.

4. Spiegare in che modo, applicando il metodo del simplesso a due fasi, si deduce l'inammissibilità del problema.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Novembre 2023-I Turno (B)

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= 4x_1 + 5x_2 + 3x_3 \\ 3x_1 + 3x_2 + 4x_3 &= 6 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 &\geq 4 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max Z &= -x_1 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ -x_1 + x_2 &\leq 1 \\ x_2 &\leq 3 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Si considerino i seguenti vincoli:

$$\begin{array}{rcccccc} x_1 & -2x_2 & +3x_3 & +3x_4 & & = & 2 \\ 2x_1 & +5x_2 & +5x_3 & +6x_4 & +x_5 & = & 6 \end{array} \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, 5$$

Individuare una coppia di variabili che non può costituire una base.

4. Definire il concetto di BFS degenere.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Novembre 2023-II Turno

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + x_2 + x_3 \\ 3x_1 + 2x_2 + 2x_3 &\leq 1 \\ 3x_1 + 3x_3 &\geq 3 \\ x_2 + 3x_3 &\geq 3 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Il Comune deve affidare l'incarico di traduzione di una guida turistica in 4 lingue, inglese, tedesco, spagnolo e cinese, ed ha individuato tre traduttori che hanno presentato i preventivi di spesa indicati nella seguente tabella

	Inglese	Tedesco	Spagnolo	Cinese
Traduttore 1	550	670	410	560
Traduttore 2	430	650	390	510
Traduttore 3	570	410	370	550

Formulare il relativo problema di ottimizzazione volendo minimizzare il costo complessivo richiesto dalle traduzioni e sapendo che ogni lavoro di traduzione deve essere affidato ad una sola persona e che a ciascun traduttore non possono essere affidati più di due contratti.

3. Spiegare perchè un problema di programmazione lineare in forma standard non è mai inammissibile.
4. Spiegare il significato dei prezzi ombra e come sono individuati.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Settembre 2023-I Turno (A)

1. Risolvere il seguente problema di programmazione lineare applicando il metodo del simplesso

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 3x_2 + 4x_3 \\ & 3x_1 + 4x_2 + 3x_3 \leq 1 \\ & 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 1 \\ & 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 \leq 2 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Il problema risolto al passo precedente ammette infinite soluzioni ottime? (Sì/No/Perché)
3. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = 2x_1 + x_2 \\ & x_2 \leq 4 \\ & x_1 - 2x_2 \leq 0 \\ & x_1 + x_2 \geq 2 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

4. Determinare tutte le coperture minime composte da 3 variabili associate al seguente vincolo

$$5x_1 + 3x_2 + 6x_3 + 4x_4 \leq 13$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad ognuna di esse.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Settembre 2023-I Turno (B)

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare e, osservando il tableau finale, dedurre i valori dei prezzi ombra.

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 \\ & 3x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 4 \\ & x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 3 \\ & x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 4 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = x_2 \\ & -x_1 + x_2 \geq 1 \\ & x_1 - x_2 \geq 0 \\ & x_1 + x_2 \geq 4 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Determinare tutte le coperture minime composte da 3 variabili associate al seguente vincolo

$$x_1 + 8x_2 + 6x_3 + 5x_4 \leq 11$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad ognuna di esse.

4. Spiegare in che modo, applicando il metodo del simplesso, si può dedurre che la funzione obiettivo è illimitata.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Settembre 2023-II Turno (A)

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 3x_1 + x_2 + 3x_3 + 2x_4 \\ & x_1 - x_2 + 2x_3 + 2x_4 \leq 2 \\ & 3x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 \leq 6 \\ & x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = x_2 \\ & x_1 + x_2 \geq 4 \\ & x_1 - x_2 \geq 0 \\ & 2x_1 - x_2 \leq 2 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Considerati i seguenti vincoli

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 + x_5 &= 3 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 5x_5 &= 1 \end{aligned}$$

con $x_i \geq 0$, per $i = 1, \dots, 5$, individuare due coppie di variabili che non individuano una base motivando la risposta.

4. Scrivere la definizione di problema in forma canonica.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Settembre 2023-II Turno (B)

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 2x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 &\leq 6 \\ 2x_1 - x_2 &\geq 5 \\ x_1 + 3x_2 &\geq 5 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 2x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 &\geq 6 \\ 2x_1 - x_2 &\geq 6 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Considerati i seguenti vincoli

$$\begin{aligned} x_1 + 4x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &= 3 \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 + 3x_4 + x_5 &= 1 \end{aligned}$$

con $x_i \geq 0$, per $i = 1, \dots, 5$, individuare due coppie di variabili che non individuano una base motivando la risposta.

4. Scrivere la definizione di problema in forma standard.

N.B. Nell'applicazione del metodo del simplesso va utilizzata SEMPRE la regola di Bland.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Luglio 2023-I Turno (A)

1. Risolvere il seguente problema di programmazione lineare applicando il metodo del simplesso

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 2x_1 + 5x_2 + 5x_3 \\ & x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 3 \\ & 3x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 1 \\ & 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 3 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Osservando il tableau finale dell'esercizio precedente dedurre il valore dei prezzi ombra. Quale conclusione si può trarre dai suddetti valori?
3. L'allenatore della staffetta italiana 4×100 mista-mista di nuoto (ovvero quella in cui due atleti devono essere uomini e due donne) deve decidere i 4 atleti da schierare dei 6 disponibili. Nella seguente tabella sono riportati i tempi medi, in secondi, di ciascun nuotatore in ognuna delle 4 frazioni:

Nuotatore	Dorso	Rana	Delfino	Stile libero
Anna	65	73	63	57
Beatrice	67	70	65	58
Carla	68	72	69	55
Donato	67	75	70	59
Erminio	71	69	75	57
Francesco	69	71	66	59

Scrivere il modello di ottimizzazione per assegnare ciascun nuotatore ad una delle 4 frazioni volendo minimizzare il tempo complessivo della staffetta.

4. Definire la forma canonica di un problema di programmazione lineare e spiegarne l'utilità.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Luglio 2023-I Turno (B)

1. Risolvere il seguente problema di programmazione lineare applicando il metodo del simplesso

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = x_1 + 3x_2 + 6x_3 \\ & 3x_1 + x_2 + 4x_3 \leq 6 \\ & 3x_1 + 3x_2 + 6x_3 \leq 10 \\ & 2x_1 + x_2 \leq 5 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Considerato il tableau finale dell'esercizio precedente dedurre che la soluzione ottima non è unica e determinare un'ulteriore soluzione ottima.

3. La Regione Puglia ha in progetto la costruzione di alcuni ospedali ortopedici, che nel raggio di 50 km siano in grado di servire alcune città nel nord della regione: Andria, Bari, Barletta, Foggia e Trani.

Nel seguito, per ogni città, sono elencate quelle situate a una distanza inferiore ai 50 km:

1. Andria: Andria, Bari, Barletta, Trani;
2. Bari: Andria, Bari, Trani;
3. Barletta: Andria, Barletta, Foggia, Trani;
4. Foggia: Barletta, Foggia;
5. Trani: Andria, Bari, Barletta, Trani.

Ad esempio, se un ospedale venisse costruito a Bari, esso sarebbe in grado di servire anche le città di Andria e Trani. Si vuole decidere in quale delle 5 città costruire gli ospedali, in maniera tale che ogni città abbia almeno un ospedale ad una distanza non superiore a 50 km e tenendo conto che in una stessa città non si può costruire più di un ospedale.

Scivere il relativo modello di ottimizzazione avendo l'obiettivo di minimizzare il numero di ospedali da costruire.

4. Definire la Regola di Bland specificando in quali casi si applica e a cosa serve.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Luglio 2023-II Turno (A)

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 5x_2 + 3x_3 \\ & 3x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 6 \\ & 2x_1 + x_2 + x_3 = 4 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Un coltivatore ha a disposizione 16 ettari di terreno da coltivare a lattuga o a patate. Le risorse a sua disposizione sono 70 kg. di semi di lattuga, 18 tonnellate di tuberi e 220 tonnellate di concime. Supponendo che il mercato sia in grado di assorbire tutta la produzione, il ricavo stimato per la lattuga è 3000€ per ettaro e per le patate è 6500€ per ettaro.
L'assorbimento di risorse per un ettaro coltivato è di 7 kg di semi e 10 tonnellate di concime per la lattuga e 3 tonnellate di tuberi e 20 di concime per le patate.
Scrivere il modello di ottimizzazione volendo stabilire quanti ettari di terreno destinare a lattuga e quanti a patate e avendo l'obiettivo di massimizzare il ricavo.
3. Spiegare in che modo, applicando il metodo del simplesso a due fasi, si deduce l'inammissibilità del problema.
4. Spiegare brevemente l'idea alla base del Metodo Branch-and-Cut.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Luglio 2023-II Turno (B)

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= 4x_1 + x_2 + 2x_3 \\ 2x_1 + 3x_2 + 3x_3 &= 9 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 &= 6 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Il problema definito nel primo esercizio potrebbe essere risolto applicando il metodo del simplesso duale? (Si/No/Spiegare).
3. Un macellaio produce hamburger del peso di 100 grammi usando carne macinata di manzo e di maiale. Il macinato di manzo contiene l'80% di polpa ed il 20% di grasso e costa 6€ al chilogrammo. Il macinato di maiale contiene il 68% di polpa ed il 32% di grasso e costa 3.5€ al chilogrammo.
Si vuole determinare la quantità di macinato di manzo e di maiale da utilizzare per produrre ogni singolo hamburger del peso di 100 grammi ed facendo in modo che il contenuto di grasso sia inferiore a 30 grammi ma comunque superiore a 10 grammi e avendo l'obiettivo di minimizzare il costo delle materie prime.
4. Spiegare come si procede se al termine della prima fase del metodo del simplesso a due fasi resta in base una variabile artificiale con valore nullo.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
II Appello di Giugno 2023-I Turno (A)

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= 4x_1 + 4x_2 + 5x_3 \\ 4x_1 + 3x_2 - x_3 &= 2 \\ 4x_1 + 2x_2 + x_3 &= 3 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max Z &= x_1 - x_2 \\ x_1 - 2x_2 &\leq 0 \\ x_1 &\leq 4 \\ -x_1 + 4x_2 &\leq 12 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Considerati i seguenti vincoli

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 + x_5 &= 3 \\ x_1 + x_3 + x_5 &= 1 \end{aligned}$$

con $x_i \geq 0$, per $i = 1, \dots, 5$, determinare se la coppia di variabili $\{x_1, x_4\}$ individua una base e, in caso affermativo, se il relativo vertice è ammissibile.

4. Spiegare il significato dei prezzi ombra e come sono individuati.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
II Appello di Giugno 2023-I Turno (B)

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max Z &= 2x_1 + 3x_2 + x_3 \\ 3x_1 + 2x_2 + 7x_3 &= 9 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 &= 3 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. In una città, composta da sei quartieri, si devono costruire un ospedale, una scuola, la nuova sede del Comune e una chiesa. In ogni quartiere sono stata individuate 4 possibili località dove poter costruire ciascun edificio. I costi richiesti per la costruzione di ciascun edificio in ogni locazione individuata sono riportati nella seguente tabella.

	Ospedale	Scuola	Comune	Chiesa
Quartiere 1	15	10	20	30
Quartiere 2	10	5	25	35
Quartiere 3	20	25	5	15
Quartiere 4	10	35	15	5
Quartiere 5	30	12	30	15
Quartiere 6	20	10	20	25

Si scriva il problema di ottimizzazione con l'obiettivo di minimizzare i costi complessivi per la costruzione dei 4 edifici con il vincolo che in ogni quartiere sia costruito al più un edificio.

3. Determinare tutte le coperture minime composte da 3 variabili associate al seguente vincolo

$$6x_1 + 4x_2 + 7x_3 + 5x_4 \leq 11$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad ognuna di esse.

4. Spiegare perché un problema di programmazione lineare in forma standard non è mai inammissibile.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
II Appello di Giugno 2023-II Turno (A)

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 \\ 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 &\geq 5 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 &\geq 2 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Un'azienda che produce elettrodomestici è composta da 3 reparti: Lavorazione, Assemblaggio e Testing. Ogni frigorifero prodotto viene venduto a 900 euro e richiede 5 minuti di lavoro nel reparto Lavorazione e 10 nel reparto Assemblaggio, mentre ogni lavatrice prodotta è venduta a 850 euro e richiede 10 minuti di lavoro nel reparto Lavorazione e 15 nel reparto Assemblaggio.

Scrivere un modello di ottimizzazione per il piano di lavoro giornaliero con l'obiettivo di massimizzare l'incasso giornaliero (ipotizzando che tutti gli elettrodomestici costruiti vengano poi effettivamente venduti) sapendo che i reparti Lavorazione e Assemblaggio sono operativi per 10 ore giornaliere e che il reparto Testing può controllare complessivamente non più di 60 elettrodomestici al giorno.

3. Trasformare il seguente problema di programmazione lineare in forma standard:

$$\begin{aligned} \max Z &= x_1 + 2x_2 + 3x_3 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 &\leq 5 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 &\leq 10 \\ x_1 \in \mathbb{R}, x_2 &\geq 1, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

4. Come si definisce il rilassamento lineare di un problema di programmazione lineare binaria?

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
II Appello di Giugno 2023-II Turno (B)

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 3x_2 + 3x_3 \\ & 2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 5 \\ & 4x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq 10 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 2x_1 - x_2 \\ & x_2 \leq 4 \\ & x_1 - x_2 \geq 0 \\ & x_1 - x_2 \leq 3 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Considerati i seguenti vincoli

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 + x_5 &= 3 \\ x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 + 5x_5 &= 1 \end{aligned}$$

con $x_i \geq 0$, per $i = 1, \dots, 5$, individuare due coppie di variabili che non individuano una base motivando la risposta.

4. Spiegare in che situazione, applicando il metodo del simplesso duale, si riconosce l'inammissibilità del problema.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
I Appello di Giugno 2023-II Turno

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 2x_1 + 3x_2 + 3x_3 \\ & 2x_1 - x_2 + 3x_3 \leq -1 \\ & 2x_1 + 3x_2 + x_3 \geq 4 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 2x_1 - x_2 \\ & x_1 + x_2 \leq 6 \\ & x_1 - x_2 \geq 0 \\ & -x_1 + x_2 \geq 2 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Spiegare la differenza tra soluzione e soluzione ottima.
4. Spiegare in che modo, applicando il metodo del simplesso, è possibile riconoscere l'illimitatezza della funzione obiettivo.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
I Appello di Giugno 2023-I Turno

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 2x_2 + 3x_3 \\ 2x_1 - x_2 + 4x_3 &\leq 8 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 &\leq 6 \\ 2x_1 + x_2 + 2x_3 &\leq 9 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max Z &= x_1 - x_2 \\ x_1 - x_2 &\leq 0 \\ 3x_1 + x_2 &\geq 3 \\ x_1 + 3x_2 &\geq 3 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Determinare tutte le coperture minime associate al seguente vincolo

$$4x_1 + 3x_2 + 8x_3 + 5x_4 \leq 11$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad ognuna di esse.

4. Quali sono le caratteristiche che deve avere un problema per poter essere risolto applicando il metodo del simplesso duale?

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Aprile 2023

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare (se risulta ammissibile):

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = x_1 + 3x_2 + 3x_3 \\ & 3x_1 + 2x_2 + 4x_3 = 4 \\ & x_1 + x_2 + x_3 = 3 \\ & x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 4 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = x_1 - 2x_2 \\ & x_1 + x_2 \geq 4 \\ & x_1 - x_2 \leq 1 \\ & x_1 \geq 1 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Come si definisce il rilassamento lineare di un problema di programmazione lineare intera?
4. Cosa rappresentano, dal punto di vista geometrico, le BFS?

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Febbraio 2023

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 5x_2 + 2x_3 \\ & x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 4 \\ & x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 5 \\ & x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 6 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Un'industria produce tre tipi di prodotti, Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, la cui lavorazione è affidata a due reparti: Produzione e Confezione. Per ottenere il prodotto finale è necessaria la lavorazione in entrambi i reparti. La tabella che segue riporta, per ciascun tipo di prodotto i tempi (in minuti) di lavorazione in ciascuno dei reparti, per avere un'unità di prodotto pronto per la vendita:

Reparto	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Produzione	40	50	35
Confezione	20	25	15

Sapendo che i reparti Produzione e Confezione lavorano, rispettivamente, 30 e 25 ore in una settimana e che un'unità di prodotto ha un profitto di 40€ per il Tipo 1, 50€ per il Tipo 2 e 45€ per il Tipo 3, scrivere il modello di ottimizzazione della produzione settimanale dei 3 tipi di prodotto con l'obiettivo di massimizzare il profitto complessivo settimanale.

3. Spiegare perchè la regione ammissibile di un problema di programmazione lineare intera non è un insieme convesso.
4. Spiegare la differenza tra soluzione, soluzione ammissibile e soluzione ottima.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Gennaio 2023

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 2x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 &\geq 6 \\ 2x_1 - x_2 &\geq 6 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare

$$\begin{aligned} \min Z &= x_1 + 2x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 &\geq 6 \\ 2x_1 - x_2 &\geq 6 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Determinare tutte le coperture minime associate al seguente vincolo

$$x_1 + 3x_2 + 6x_3 + 5x_4 \leq 7$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad ognuna di esse.

4. Scrivere la definizione di problema di programmazione lineare in forma standard.
5. Spiegare in che modo, applicando il metodo del simplesso, è possibile riconoscere la presenza di infinite soluzioni ottime.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Novembre 2022

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 2x_1 + x_2 + 2x_3 \\ & x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 4 \\ & x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 4 \\ & 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = x_1 \\ & x_1 + x_2 \geq 3 \\ & -x_1 + x_2 \leq 3 \\ & -x_1 + x_2 \geq 0 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Scrivere la definizione di regione ammissibile.
4. Definire la regola di Bland e specificare a cosa serve.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Settembre 2022

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il rilassamento lineare del seguente problema di programmazione lineare binaria:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 \\ & 2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 4 \\ & x_1 + 2x_2 + 5x_3 \leq 3 \\ & x_1, x_2, x_3 \in \{0, 1\}. \end{aligned}$$

2. Il governo italiano ha stanziato mezzo miliardo di euro per la costruzione di parchi eolici costieri. Le regioni interessate hanno individuato alcuni siti idonei per la costruzione di un impianto eolico, il cui numero insieme ai relativi costi per la costruzione di un singolo impianto (in milioni di euro) sono riportati nella seguente tabella (per semplicità si suppone che il costo per la costruzione di un impianto sia lo stesso per ogni sito di una stessa regione):

Regione	Veneto	Marche	Puglia	Sicilia	Lazio	Liguria
Numero siti	5	6	7	6	4	6
Costo impianto	35	37	40	40	34	35

Si scriva un modello di ottimizzazione avendo l'obiettivo di massimizzare il numero di impianti costruiti complessivamente sfruttando l'intero stanziamento disponibile ed imponendo il vincolo che il numero di impianti costruiti nelle regioni settentrionali (Liguria e Veneto) sia uguale a quello delle regioni del centro Italia (Lazio e Marche) e a quello delle regioni meridionali (Puglia e Sicilia).

3. Spiegare cosa si intende per analisi di sensitività.
4. Spiegare perchè la regione ammissibile di un problema di programmazione lineare intera non è un insieme convesso.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Luglio 2022-I Turno

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = x_1 + 2x_2 + 3x_3 \\ & 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 6 \\ & 2x_1 - x_2 - 2x_3 \geq 6 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Un'industria conserviera deve produrre succhi di frutta mescolando polpa di frutta e dolcificante ottenendo un prodotto finale che deve soddisfare alcuni requisiti riguardanti il contenuto di vitamina C, di sali minerali e di calorie.

La polpa di frutta e il dolcificante vengono acquistati al costo di 5 e 6 euro al kg rispettivamente.

Dalle etichette si ricava che 100 grammi di polpa di frutta contengono 140 mg di vitamina C, 20 mg di sali minerali e 50 calorie mentre 100 grammi di dolcificante contengono 10 mg di sali minerali, 100 calorie e non contengono vitamina C.

Un etto di succo di frutta deve contenere almeno 70 mg di vitamina C, almeno 30 mg di sali minerali e almeno 150 calorie.

Scrivere il modello matematico per determinare le quantità di polpa di frutta e di dolcificante da utilizzare nella produzione del succo di frutta in modo da minimizzare il costo complessivo del loro acquisto.

3. Scrivere il duale del seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 3x_1 - x_2 + 2x_3 \\ & 4x_1 - x_2 + 3x_3 \leq 4 \\ & 2x_1 + x_2 + 6x_3 = 6 \\ & x_1, x_3 \geq 0, x_2 \in \mathbb{R}. \end{aligned}$$

4. Spiegare la differenza che c'è tra soluzione ammissibile e soluzione ottima.
5. Spiegare a cosa servono i criteri di Fathoming.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
Appello di Luglio 2022-II Turno

1. Applicare il metodo del simplesso duale per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min Z &= 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 \\ 3x_1 + 2x_2 &\geq 5 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 &\leq -4 \\ 2x_1 + x_2 + 4x_3 &\geq 3 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema:

$$\begin{aligned} \max Z &= x_2 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ x_1 - x_2 &\geq 0 \\ 2x_1 - x_2 &\leq 2 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Considerati i seguenti vincoli

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + 5x_3 + x_4 &= 5 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_5 &= 3 \end{aligned}$$

con $x_i \geq 0$, per $i = 1, \dots, 5$, calcolare le coordinate dei vertici individuati dalle coppie di variabili di base $\{x_1, x_2\}$ e $\{x_1, x_3\}$. I vertici trovati sono ammissibili?

4. Definire le proprietà cui deve soddisfare la copertura minima di un vincolo di variabili binarie.
5. Spiegare perchè la regione ammissibile di un problema di programmazione lineare intera non è un insieme convesso.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
II Appello di Giugno 2022-I Turno

1. Applicare il metodo del simplesso a due fasi per risolvere, se possibile, il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 3x_1 + 2x_2 + x_3 \\ & 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 = 4 \\ & x_1 + 2x_2 + x_3 \geq 3 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Un impianto produce tre modelli di veicoli (A, B e C) ed è composto da un reparto motori ed uno carrozzeria (che trattano tutti e tre i modelli) e tre per le finiture, uno per ogni modello. I dati di produzione, cioè le capacità produttive di ogni reparto (in ore per settimana), i tempi di lavorazione (in minuti per veicolo) ed i profitti per un singolo veicolo, sono riportati nella seguente tabella:

Reparto	Capacità settimanale	Tempi di lavorazione		
		A	B	C
Motori	120	180	120	60
Carrozzeria	80	60	120	180
Finiture Modello A	96	120		
Finiture Modello B	102		180	
Finiture Modello C	40			120
Profitto		840	1120	1200

Si scriva il relativo modello di ottimizzazione avendo l'obiettivo di massimizzare il profitto complessivo settimanale.

3. Calcolare i prezzi ombra associati al seguente problema di PL:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 4x_1 + 3x_2 + x_3 \\ & x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 9 \\ & 3x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 3 \\ & 2x_1 + 4x_2 + x_3 \leq 2 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

4. Definire il concetto di soluzione incombente ed il contesto in cui trova applicazione.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
II Appello di Giugno 2022-II Turno

1. Risolvere il seguente problema di programmazione lineare applicando il metodo del simplesso duale:

$$\begin{aligned} \min Z &= 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \\ 3x_1 + 3x_2 + 2x_3 &\leq -3 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 &\geq 4 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 &\geq 4 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Il Comune di Roma deve affidare l'incarico di traduzione di una guida turistica in 4 lingue, inglese, tedesco, spagnolo e francese, ed ha individuato tre traduttori che hanno presentato i preventivi di spesa indicati nella seguente tabella

	Inglese	Tedesco	Spagnolo	Francese
Traduttore 1	550	670	400	570
Traduttore 2	530	650	390	500
Traduttore 3	570	710	350	560

Formulare il relativo problema di ottimizzazione volendo minimizzare il costo complessivo richiesto dalle traduzioni e sapendo che ogni lavoro di traduzione deve essere affidato ad una sola persona e che a ciascun traduttore non possono essere affidati più di due contratti.

3. Applicare il metodo grafico per risolvere il seguente problema di PL:

$$\begin{aligned} \min Z &= x_2 \\ -x_1 + x_2 &\geq 1 \\ x_1 - x_2 &\geq 0 \\ x_1 + x_2 &\geq 4 \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

4. Spiegare con quale criterio viene scelta la variabile di branching sia nel caso di variabili di tipo intero sia nel caso di variabili di tipo binario.
5. Scrivere la definizione di forma canonica di un problema di programmazione lineare e spiegarne l'utilità.

Prova Scritta di Metodi di Ottimizzazione
Laurea in Ingegneria Gestionale (Partizione A-K)
I Appello di Giugno 2022

1. Applicare il metodo del simplesso per risolvere il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z = 3x_1 + x_2 + x_3 \\ & 2x_1 - x_2 + x_3 \leq 4 \\ & 3x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 6 \\ & \quad \quad x_2 + x_3 \leq 5 \\ & x_1, x_2, x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

2. Risolvere graficamente il seguente problema di programmazione lineare:

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = 2x_1 + x_2 \\ & \quad \quad x_2 \leq 4 \\ & x_1 - 2x_2 \leq 0 \\ & x_1 + x_2 \geq 2 \\ & x_1, x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

3. Determinare tutte le coperture minime associate al seguente vincolo

$$3x_1 + 6x_2 + 8x_3 + 4x_4 \leq 10$$

in cui tutte le variabili sono di tipo binario e scrivere il vincolo associato ad ognuna di esse.

4. Commentare la seguente affermazione (Vera/Falsa/Perchè):
La regola di Bland serve a determinare più velocemente la soluzione ottima di un problema di programmazione lineare poichè riduce il numero di iterazioni richieste dal metodo del simplesso per arrivare a convergenza.
5. Si considerino i seguenti vincoli:

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 &= 2 \\ 2x_1 + 4x_2 + 5x_3 + x_5 &= 6 \end{aligned}$$

Spiegare perchè l'insieme composto dalle variabili $\{x_1, x_2\}$ non può costituire una base.