

Nome:  
 Cognome:  
 Matricola:

### Esercizio 1

Una compagnia ferroviaria offre i seguenti servizi di collegamento tra le città A, B, C e D.

ID servizio	Lista servizi				Durata (ore)	Pausa breve (ore)
	Da	Partenza	A	Arrivo		
1	A	06	B	11	5	1
2	A	08	C	12	4	1
3	B	18	D	20	2	1
4	B	12	C	14	2	1
5	C	16	A	20	4	1
6	C	15	B	17	2	1

Si vogliono coprire tutti i servizi utilizzando il minimo numero di sotto-turni ammissibili (che quindi possono iniziare e terminare in città diverse). Un sotto-turno è ammissibile se la sua durata complessiva è di al più 12 ore, delle quali al più 10 di erogazione servizi. La pausa breve minima tra due servizi consecutivi di un sotto-turno è di 1 ora.

- Vincoli sui servizi consecutivi  $(i,j)$  in un sotto-turno.
  1. Località arrivo di  $i$  = località partenza di  $j$
  2. Tempo partenza di  $j$  maggiore o uguale al tempo di arrivo di  $i$  + durata minima pausa breve
- Vincoli sui sotto-turni
  3. Durata max 12 ore
  4. Tempo max di espletamento servizi 10 ore

1. Determinare una base ammissibile iniziale utilizzando sotto-turni composti da un unico servizio;
2. Costruire la matrice CARRY associata alla base;
3. Trovare, se esistono, tutti i sotto-turni di costo ridotto negativo;
4. Far entrare in base un sotto-turno di costo ridotto minimo e aggiornare la CARRY;
5. Scrivere la formulazione di set covering del problema di crew scheduling utilizzando tutti i sotto-turni generati ai passi 1, 3.

### Esercizio 2

È dato il problema di PNL vincolata in figura.

1. Costruire graficamente l'insieme ammissibile del problema;
2. Determinare eventuali punti di non regolarità;
3. Verificare le condizioni KKT nei soli punti  $A = \begin{pmatrix} 8/5 \\ -6/5 \end{pmatrix}$ ,  $B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ ,  $C = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix}$  e  $D = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ , anche negli eventuali punti, di questi, che dovessero risultare di non regolarità.
4. Quale di questi 4 punti può essere candidato a punto di minimo locale?

$$\min 2x_1^2 + 2x_1x_2 + x_2^2$$

$$\begin{cases} x_2 \geq 1 - x_1^2 \\ 2x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1^2 + x_2^2 \leq 4 \end{cases}$$

### Domanda Teoria (facoltativa)

Dimostrare le condizioni di minimo del I e del II ordine nella PNLNV, anche nel caso convesso.