

Nome:

Cognome:

### Esercizio 1

La provincia di Campobasso ha deciso di istituire un servizio di pronto intervento mobile per servire i suoi 5 comuni principali con più di 7000 abitanti (l'elenco dei comuni con rispettivo numero di abitanti è riportato in tabella 1, le distanze chilometriche in tabella 2).

	Comune	Abitanti
1	Campobasso	50.916
2	Termoli	32.873
3	Bojano	8.175
4	Campomarino	7.208
5	Larino	7.095

Si assuma che il numero di richieste di intervento per anno per comune sia pari a 1 ogni 1000 abitanti, arrotondato per difetto. Si vuole determinare il numero di unità mobili da affittare per un anno (prezzo affitto 1000 euro/anno per unità) e la loro disposizione. Un intervento costa di carburante un euro per ogni 10 km percorsi (andata e ritorno). L'obiettivo è la minimizzazione dei costi di gestione annui del servizio. Formulare il problema e determinare un lower bound e un upper bound dell'ottimo con l'algoritmo di Erlenkotter. Si assumano le unità mobili di capacità infinita.

	2	3	4	5
1	70	25	65	55
2		85	10	25
3			80	75
4				25

### Esercizio 2

E' dato il seguente problema di PLI:  
 $\min x_1 - 2x_2 + 7x_3 - 3x_4$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ 5x_1 + 10x_2 + 3x_3 + 4x_4 \leq 10 \\ x \in \{0,1\}^4 \end{cases}$$

Rilassare il secondo vincolo con la tecnica del rilassamento Lagrangiano.

1. Calcolare un lower bound con il metodo del sub-gradiente arrestato dopo 4 passi, utilizzando come moltiplicatori Lagrangiani i valori

$\lambda^0 = 0$ ,  $\lambda^1 = 1$ ,  $\lambda^2 = 2/3$ ,  $\lambda^3 = 3/5$ . Durante la ricerca, memorizzare come upper bound il costo della miglior soluzione ammissibile trovata e, al termine della ricerca, fornire il gap UB-LB ottenuto.

2. Si può affermare che uno dei 4 valori di  $\lambda$  corrisponde al duale Lagrangiano? Se sì quale? E perché?
3. Calcolare l'ottimo del problema di PLI per enumerazione totale e, se la risposta al punto 2 è affermativa, mostrare il gap di dualità rispetto al duale Lagrangiano.

### Esercizio 3 sul retro del foglio

**NB:** Questa parte della prova è in lingua Inglese, è quindi necessario rispondere alle domande in Inglese, eventuali parti in Italiano non verranno considerate ai fini della valutazione

### Small questions

- Q.1. What is mixed path re-linking ?
- Q.2. How diversification is produced in the Tabu Search algorithm ?
- Q.3. For an optimization problem, a parameter  $x$  lies between -12.76 to +15.54. Calculate the length of a binary solution string.

### Large questions

- Q.1. Show the pseudocode of Particle Swarm Optimization Algorithm. Also, show velocity and position updating equations.
- Q.2.1. Apply Order crossover on the two strings shown below, while clearly showing the movement of numbers.

2	3	1	5	4	7	6	10	8	9
---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

10	7	5	1	2	4	8	6	3	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- Q.2.2. Show the pseudocode of Variable Neighbourhood Decent Search and write down differences between Genetic Algorithm and Scatter Search.