ESAME BA 11/09/2025 **CLOSED BOOK – 90min**

Domanda 1

I gestori della logistica per un negozio di grandi dimensioni vogliono valutare le prestazioni di una strategia di gestione delle scorte di un bene deperibile, la cui vita sullo scaffale è tre giorni. Per essere precisi, quello che viene ricevuto al mattino del giorno 1 può essere venduto durante il giorno 1, il giorno 2 ed il giorno 3; eventuali rimanenze alla sera del giorno 3 vengono eliminate.

La strategia di gestione è del tipo base stock (ovvero S grande): si ordina, a fine giornata, quanto serve per riportare il magazzino al livello S. Il lead time di consegna è zero, nel senso che quello che si ordina alla sera (alla chiusura del negozio) è disponibile il mattino successivo (all'apertura del negozio). L'eventuale domanda non soddisfatta è persa (caso di cliente impaziente, con lost sales). I clienti prelevano merce dallo scaffale secondo una logica LIFO (last-in/first-out: il cliente prende sempre il prodotto più fresco tra quelli disponibili a scaffale).

I giorni sono identici tra di loro, e non consideriamo chiusure festive. La sequenza di eventi per ogni giorno è la seguente:

- Al mattino si apre il negozio e si riceve la merce (fresca) ordinata la sera prima.
- Durante il giorno si soddisfa la domanda. Possiamo assumere una qualsiasi distribuzione, ma per semplicità consideriamo una uniforme intera tra limiti dati. In MATLAB, r = randi([-5,5],10,1) genera un vettore colonna di 10 numeri interi tra -5 e 5.
- Alla sera si aggiorna lo stato delle scorte, eliminando la merce scaduta.
- Sulla base di ciò che è disponibile (e vendibile il giorno dopo) si ordina merce, secondo la logica S grande, che verrà ricevuta il mattino dopo.

Scrivere un simulatore in pseudo-MATLAB (o pseudo-Python) che permetta di valutare, su un orizzonte di tempo sufficientemente lungo, la quantità media giornaliera di merce eliminata e la percentuale media di domanda non soddisfatta.

Soluzione

```matlab
% NB: codice alla buona e non flessibile, fatto per shelf life = 3;
% facile generalizzare

% Da settare prima della simulazione (parametri, stato, contatori)
S = 100;
horizon = 300;
demand = randi([20,60],horizon,1);
onHand = [0; 0; 0]; % magazzino vuoto; in posizione 1 i pezzi freschi
onOrder = 100;
totalWaste = 0;
totalLostDemand = 0;

% loop di simulazione
for t = 1:horizon
    % apro e ricevo merce
    onHand(1) = onOrder;
    % soddisfo domanda (LIFO)
    residualDemand = demand(t);
    for k = 1:3
        if residualDemand <= onHand(k)
            onHand(k) = onHand(k) - residualDemand;
            residualDemand = 0;
            break
        else
            residualDemand = residualDemand - onHand(k);
            onHand(k) = 0;
        end
    end
    % aggiorno statistiche, scorte e ordino
```

```
    totalLostDemand = totalLostDemand + residualDemand;
    totalWaste = totalWaste + onHand(3);
    onHand(3) = onhand(2);
    onHand(2) = onhand(1);
    onHand(1) = 0;
    onOrder = S - sum(onHand);
end

% statistiche in output
fractionLost = totalLostDemand/sum(demand);
averageWaste = mean(totalWaste);
```

Domanda 2

Un'azienda offre servizi tecnici di riparazione sul territorio, che è partizionato in zone. In ogni zona sono localizzate diverse aziende clienti (a ogni zona è associata una lista di aziende clienti), che inviano richieste di servizi (riparazione di macchinari) a cui è associato un tempo di servizio. Le riparazioni sono effettuate da un insieme di tecnici. A ogni cliente deve essere associato un tecnico. Per esigenze di efficienza nei movimenti, ogni tecnico può essere allocato al più a una zona. Il carico di lavoro totale da associare a ogni tecnico ha un limite massimo. Inoltre, si vuole ricavare una allocazione equa nel senso del bilanciamento del carico di lavoro per ogni tecnico.

Supponiamo che l'equità sia espressa dalla differenza tra il carico massimo e quello minimo. Per esempio, se ci sono cinque tecnici, con carico rispettivo pari a 25, 20, 36, 31, 40 ore, la misura di sbilanciamento è 40-20=20 ore. Si desidera ricavare una allocazione di aziende ai tecnici che minimizzi tale misura.

Supponendo (per semplicità) che il tempo di servizio richiesto da ciascuna azienda sia deterministico, costruire un modello MILP per ottenere un'allocazione la più equa possibile.

Soluzione

Set/pedici:
- *i* tecnico
- *j* cliente
- *k* zona

Dati:
- T_j tempo richiesto da cliente
- B tempo massimo per ogni tecnico
- C_k insieme di clienti in zona k

Variabili:
- L_{min}, L_{max} carico minimo e massimo su insieme tecnici
- δ_{ik} 1 se tecnico *i* visita zona *k*
- γ_{ij} 1 se cliente *j* assegnato a tecnico *i*

$$\min(L_{max} - L_{min})$$

- Tecnico serve cliente in una zona solo se assegnato in quella zona
$$\gamma_{ij} \leq \delta_{ik} \qquad \forall i, k, j \in C_k$$
- Ogni tecnico a una zona
$$\sum_k \delta_{ik} = 1 \qquad \forall i$$
- Ogni cliente a un tecnico
$$\sum_i \gamma_{ij} = 1 \qquad \forall j$$
- Vincoli vari per definire il carico e i suoi limiti
$$\sum_j T_j \gamma_{ij} \leq B \quad \forall i$$
$$L_{min} \leq \sum_j T_j \gamma_{ij} \leq L_{max} \quad \forall i$$

Domanda 3

- Spiegare cosa si intende per problema NP-completo.
- Quale è la differenza tra problemi NP-completi e problemi NP-hard?