

Complementaria Repaso Quiz 3 - Miércoles 3:30 p.m.

La empresa *CloudCore* administra un centro de datos que aloja servidores para múltiples clientes. El rendimiento y la vida útil del hardware dependen fuertemente de la temperatura a la que operan los equipos. En cada sala del centro de datos, la condición térmica de los servidores se clasifica en uno de tres estados: **Frío (F)**, cuando la temperatura está por debajo del nivel recomendado y se desaprovecha energía de refrigeración; **Normal (N)**, cuando la temperatura se encuentra en el rango óptimo de operación; y **Caliente (H)**, cuando la temperatura supera el umbral recomendado y aumenta el riesgo de fallas, reducción de rendimiento y apagados forzados.

Cada hora, el equipo de operación debe decidir qué estrategia de gestión aplicar en la sala: no realizar ajustes (**Sin ajuste (S)**), redistribuir parte de la carga de trabajo hacia otros servidores (**Balanceo de carga (B)**), aumentar el flujo de ventilación o potencia de los equipos de aire acondicionado (**Ventilación extra (V)**), o reducir la capacidad disponible desactivando algunos servidores (**Reducción de capacidad (R)**). Las acciones más agresivas mejoran la condición térmica pero incrementan los costos energéticos o el costo de oportunidad por menor capacidad de cómputo.

Los costos horarios asociados a la condición térmica (incluyendo riesgo de fallas, penalizaciones por incumplimiento de SLA y degradación acelerada del hardware) se modelan de la siguiente forma:

$$F : 60 \text{ USD}, \quad N : 100 \text{ USD}, \quad H : 250 \text{ USD}.$$

Adicionalmente, cada acción tiene un costo fijo asociado (energía o costo de oportunidad):

$$S : 0 \text{ USD}, \quad B : 40 \text{ USD}, \quad V : 70 \text{ USD}, \quad R : 90 \text{ USD}.$$

Por tanto, el costo inmediato al elegir una acción a en un estado s se define como:

$$R(s, a) = \text{costo térmico del estado } s + \text{costo de la acción } a.$$

La evolución del estado térmico de la sala se describe mediante las siguientes matrices de transición, donde cada fila corresponde al estado actual (F, N, H, en ese orden) y cada columna al estado futuro:

Matriz de transición bajo Sin ajuste (S):

$$P^S = \begin{bmatrix} 0.60 & 0.30 & 0.10 \\ 0.10 & 0.60 & 0.30 \\ 0.00 & 0.30 & 0.70 \end{bmatrix}$$

Matriz de transición bajo Balanceo de carga (B):

$$P^B = \begin{bmatrix} 0.70 & 0.25 & 0.05 \\ 0.20 & 0.65 & 0.15 \\ 0.10 & 0.60 & 0.30 \end{bmatrix}$$

Matriz de transición bajo Ventilación extra (V):

$$P^V = \begin{bmatrix} 0.85 & 0.15 & 0.00 \\ 0.40 & 0.55 & 0.05 \\ 0.20 & 0.60 & 0.20 \end{bmatrix}$$

Matriz de transición bajo Reducción de capacidad (R):

$$P^R = \begin{bmatrix} 0.90 & 0.10 & 0.00 \\ 0.50 & 0.45 & 0.05 \\ 0.30 & 0.60 & 0.10 \end{bmatrix}$$

La situación anterior se modela como un proceso de decisión Markoviano con los siguientes componentes:

Épocas:

$$E = \{\text{Hora 1, Hora 2, Hora 3, } \dots, \infty\}$$

Variable de estado:

X_n = Condición térmica de la sala en la época n .

Espacio de estados:

$$S_X = \{\text{Frío (F), Normal (N), Caliente (H)}\}$$

Decisiones:

$$A(i) = \{\text{Sin ajuste (S), Balanceo de carga (B), Ventilación extra (V), Reducción de capacidad (R)}\} \\ \forall i \in S_X$$

Retornos inmediatos (costos):

$$R(s, a) = \text{costo térmico del estado } s + \text{costo de la acción } a.$$

Factor de descuento:

$$\beta = 0.95$$

Parte A: Implementación del MDP

1. Implemente en Python todos los componentes del MDP y cree el objeto MDP con la librería `jmarkov`.
2. Calcule los valores óptimos para cada estado usando iteración de valores.

3. Obtenga la política óptima.
4. Calcule el valor esperado de la política óptima en el largo plazo.
5. Genere la matriz de transición inducida por la política óptima.

Parte B: Simulación de Monte Carlo

Realice una simulación de Monte Carlo con **1000 escenarios**, cada uno con **24 horas**, iniciando en el estado **Normal (N)** y aplicando la política óptima π^* .

Responda las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el costo acumulado esperado durante las 24 horas?
2. ¿Cuál es la probabilidad estimada de que la sala visite el estado **Frío (F)** al menos una vez en las primeras 8 horas?