Proyecto de Eventos Discretos de Simulación

Loraine Monteagudo García (C-411)

I Aeropuerto de Barajas

En el Aeropuerto de Barajas, se desea conocer cuánto tiempo se encuentran vacías las pistas de aterrizaje. Se conoce que el aeropuerto cuenta con un máximo de 5 pistas de aterrizaje dedicadas a aviones de carga y que se considera que una pista está ocupada cuando hay un avión aterrizando, despegando o cuando se encuentra cargando o descargando mercancía o el abordaje o aterrizaje de cada pasajero.
Se conoce que el tiempo cada avión que arriba al aeropuerto distribuye, mediante una función de distribución exponencial con $\lambda = 20$ minutos.
Si un avión arriba al aeropuerto y no existen pistas vacías, se mantiene esperando hasta que se vacíe una de ellas (en caso de que existan varios aviones en esta situación, pues se establece una suerte de cola para su aterrizaje.
Se conoce además que el tiempo de carga y descarga de un avión distribuye mediante una función de distribución exponencial con $\lambda = 30$ minutos. Se considera además que el tiempo de aterrizaje y despegue de un avión distribuye normal (N(10,5)) y la probabilidad de que un avión cargue y/o descargue en cada viaje corresponde a una distribución uniforme.
Además de esto se conoce que los aviones tiene una probabilidad de tener una rotura de 0.1. Así, cuando un avión posee alguna rotura debe ser reparado en un tiempo que distribuye exponencial con $\lambda = 15$ minutos. Las roturas se identifican justo antes del despegue de cada avión.
Igualmente cada avión, durante el tiempo que está en la pista debe recargar combustible y se conoce que el tiempo de recarga de combustible distribuye exponencial $\lambda = 30$ minutos y se comienza justamente cuando el avión aterriza.
Se asume además que los aviones pueden aterrizar en cada pista sin ninguna preferencia o requerimiento.
Simule el comportamiento del aeropuerto por una semana para estimar el tiempo total en que se encuentran vacía cada una de las pistas del aeropuerto.

II Principales Ideas

La simulación del aeropuerto se modela como un sistema de atención con 5 servidores en paralelo. Se tienen algunas modificaciones, una de estas es el tiempo de salida, que no se calcula como una simple variable aleatoria, sino que depende de otras.

La simulación se realiza durante una semana, así que se lleva un tiempo total, que aumenta según los tiempos en los que arriban y despegan los aviones atendidos por el aeropuerto.
Para guardar el tiempo en que se encuentran vacías cada una de las pistas del aeropuerto se tienen dos variables, $last\_unoccupied\_time_i$, en la que se almacena el último momento en el que una pista se desocupa, y $unoccupied\_time_i$, que guarda el tiempo en el que una pista se encuentra desocupada. Esta última se actualiza según $last\_unoccupied\_time_i$, con esta variable se puede calcular el tiempo de desocupación como el tiempo actual en el que un nuevo avión va a ocupar la pista menos el último momento en que se desocupó la pista, es decir:

$$unoccupied\_time_i = t - last\_unoccupied\_time_i$$

Donde t es el tiempo actual de la simulación, como se especifica más adelante.

III Modelo de Simulación de Eventos Discretos

El modelo de simulación usado fue el de un sistema de atención con 5 servidores en paralelos con unas pocas modificaciones. En nuestro caso, se tienen que antender aviones y para esto se cuentan con 5 pistas de aterrizaje.
Para la modelación de la simulación se declararon las siguientes variables:

t: tiempo de simulación. Se simula el comportamiento del aeropuerto por una semana, por lo que el tiempo total de simulación es de 10080 minutos.

ta: tiempo de arribo al aeropuerto. Distribuye mediante una función exponencial con $\lambda = 20$ minutos.

t_landing: tiempo de aterrizaje de un avión. Distribuye normal $N(10, 5)$.

t_takeoff: tiempo de despeje de un avión. Distribuye normal $N(10, 5)$.

t_loading: tiempo de carga de un avión. Distribuye exponencial con $\lambda = 30$ minutos.

t_unloading: tiempo de descarga de un avión. Distribuye exponencial con $\lambda = 30$ minutos.

load: si un avión carga. La probabilidad de carga distribuye uniforme, se considera que para una probabilidad de 0.5 el avión cargará mercancías.

unload: si un avión descarga. La probabilidad de descarga distribuye uniforme, se considera que para una probabilidad de 0.5 el avión descargará mercancías.

t_fix: tiempo de reparación. Distribuye exponencial con $\lambda = 15$.

broke: si los aviones tienen una rotura. La probabilidad de rotura es 0.1.

t_recharge: tiempo que un avión está en la pista para recargar. Distribuye exponencial con $\lambda = 30$ minutos.

td: tiempo de salida de un avión una vez llega al aeropuerto. Es considerado como el tiempo que un avión está ocupando una pista.

I Tiempo de salida

Cuando un avión arriba al aeropuerto el tiempo que ocupa una pista depende del tiempo que se demora en aterrizar, despegar o cargando y descargando mercancía, o en el abordaje y aterrizaje de cada pasajero. Por lo tanto, para el cálculo de la salida se usan estos otros tiempos. Se considera que la recarga de combustible y la descarga ocurren a la vez, por lo tanto, se considera solo el máximo de estos tiempos. Lo mismo ocurre con la carga y la reparación de las posibles roturas en el avión. El aterrizeje y despegue de los aviones, por otro lado, ocurren de manera exclusiva, por lo que este tiempo se añade al tiempo total de manera independiente.
El pseudocódigo utilizado es el siguiente:

```
td = t_landing

t_unloading = t_unloading if unload else 0
t_loading = t_loading if load else 0
t_fix = t_fix if broke else 0

td += max(t_recharge, t_unloading)
td += max(t_loading, t_fix)
td += t_takeoff
```

Después de tener el tiempo de salida, se procede con la simulación de un sistema de atención con 5 servidores, teniendo a *ta* como el tiempo de arribo de los clientes (aviones) y *td* el tiempo de atención de estos.

IV Consideraciones

En el enunciado del problema, se plantea que la probabilidad de que un avión cargue y/o descargue en cada viaje corresponde a una distribución uniforme, pero no se especifica con qué parámetros. Para calcular esta probabilidad se generan dos uniformes entre 0 y 1, y si el resultado es menor que 0.5, se procede a la carga y/o descarga del avión.
Una de las irregularidades que se observaron en la simulación es que con los tiempos planteados en el problema las pistas solo se desocupan al principio, por lo que el tiempo de desocupación es muy pequeño. Esto se debe a que el tiempo de arribo distribuye mediante una función exponencial con $\lambda = 20$ minutos, entonces, el valor esperado de llegada es de $\dfrac{1}{20}$ minutos, lo que causa que siempre hayan aviones en cola y que las pistas nunca estén desocupadas. Luego, se consideraron valores más pequeños de λ para valores más realistas. En la última versión, se toma $\lambda = \dfrac{1}{20}$.
En el modelo clásico de n servidores paralelos se suelen comprobar la disponibilidad de los aeropuertos en orden lineal. Es decir, primero se comprueba que el primer servidor esté desocupado, y si lo está se ocupa, en caso contrario se hace el mismo análisis con el segundo, luego con el tercero, y así hasta el n-ésimo. Una de las particularidades que se observó siguiendo este procedimiento es que las primeras pistas eran ocupadas con más regularidad que las últimas. Con el objetivo de igualar más el tiempo en que cada una de las pistas del aeropuerto están vacías se cambió este procedimiento, eligiendo de manera aleatoria el orden en el que se analizan las pistas.
Como salida de cada una de las simulaciones se retorna *unoccupied_time*, en la que se da el tiempo total de desocupación de cada una de las pistas. Se realizaron 30 simulaciones para cada uno de los parámetros analizados. En `simuation(20)(False).txt` se muestran los resultados para un

tiempo de arribo con $\lambda = 20$ minutos y en `simuation(0.05)(False).txt` para $\lambda = \frac{1}{20}$. Luego, en `simuation(0.05)(True).txt` se muestran los resultados para $\lambda = \frac{1}{20}$ eligiendo de forma aleatoria el orden en el que se analizan las pistas. El promedio de desocupación para cada uno de estas simulaciones fue:

Pista	Tiempo promedio de desocupación
0	0.0373
1	0.0913
2	0.1544
3	0.1997
4	0.2526

Table IV.1: Tiempo promedio de desocupación para un tiempo de arribo de $\lambda = 20$

Pista	Tiempo promedio de desocupación
0	5008.1252
1	6671.5178
2	8312.5796
3	9195.6781
4	8217.7336

Table IV.2: Tiempo promedio de desocupación para un tiempo de arribo de $\lambda = \frac{1}{20}$

Pista	Tiempo promedio de desocupación
0	7759.9514
1	7730.9883
2	7687.7206
3	7789.2019
4	7736.6489

Table IV.3: Tiempo promedio de desocupación para un tiempo de arribo de $\lambda = \frac{1}{20}$ analizando aleatoriamente la disponibilidad de las pistas