

MODELADO Y SIMULACIÓN

INSTRUCCIONES

Entregue esta primera hoja de enunciado junto con el examen.

Dispone de 2 horas para realizar el examen.

Material permitido: Ninguno.

Pregunta 1 (3 puntos)

Se pretende estudiar mediante simulación el funcionamiento de un Centro de Atención Telefónica (CAT), en el cual se atienden llamadas relacionadas con el cobro de facturas. El funcionamiento del sistema se describe a continuación.

Las llamadas se reciben de una en una. Se supone que el tiempo que transcurre entre la recepción de dos llamadas consecutivas está distribuido exponencialmente, con media un minuto.

Los agentes (teleoperadores) que trabajan en el CAT se clasifican en las tres categorías siguientes:

Tipo A. Son agentes experimentados, capaces de responder a cuestiones complejas.

Tipo B. Estos agentes sólo se dedican a tramitar el cobro mediante tarjeta de crédito.

Tipo C. Son agentes que llevan poco tiempo en el CAT. Su función es recibir las llamadas y en función de lo que les solicite el cliente:

- Remiten la llamada a un agente del Tipo B, si el cliente llama para realizar el pago mediante tarjeta.
- Remiten la llamada a un agente del Tipo A, si la cuestión planteada es compleja.
- Atienden ellos mismos completamente la llamada, si se ven capacitados para ello.

Así pues, cuando llega al sistema una nueva llamada, ésta es atendida por un agente del Tipo C. Si no hay agentes de ese tipo disponibles, las llamadas se ponen en una única cola con disciplina FIFO.

El tiempo que tarda el agente del Tipo C en decidir si transfiere la llamada está distribuido uniformemente entre 20 y 40 segundos.

La probabilidad de que deba transferir la llamada a un agente del Tipo A es 0.15, a un agente del Tipo B es 0.35 y la probabilidad de que pueda atender por sí mismo la llamada, sin necesidad de transferirla, es 0.5.

Si el agente del Tipo C transfiere la llamada, entonces queda libre y puede atender una nueva llamada. Si no transfiere la llamada, entonces él mismo resuelve la cuestión planteada por el cliente, para lo cual precisa un tiempo adicional, que está distribuido triangularmente, con rango $[1, 3]$ minutos y moda 2 minutos. Transcurrido este tiempo, la llamada abandona el sistema y el agente queda libre, pudiendo atender una nueva llamada.

Las llamadas transferidas a los agentes del Tipo A esperan en una cola FIFO a que alguno de los agentes de este tipo quede libre. El tiempo que tarda un agente del Tipo A en atender una llamada está distribuido de manera normal, con media 15 minutos y desviación estándar 3 minutos. Transcurrido este tiempo, la llamada abandona el sistema y el agente queda libre.

Análogamente, las llamadas transferidas a los agentes del Tipo B esperan en una cola FIFO a que alguno de los agentes de este tipo quede libre. El tiempo que tarda un agente del Tipo B en atender una llamada está distribuido de manera triangular, con rango $[3, 5]$ minutos y moda 4 minutos. Transcurrido este tiempo, la llamada abandona el sistema y el agente queda libre.

Hay seis agentes trabajando en el CAT: dos agentes del Tipo A, dos del Tipo B y dos del Tipo C.

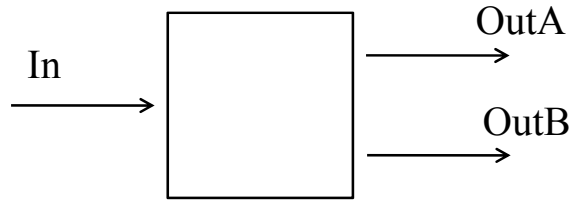
El objetivo del estudio es analizar el tiempo medio de espera de las llamadas en cada una de las colas, de manera que pueda evaluarse si el número de agentes de cada tipo es adecuado. Para ello, se realizan 200 réplicas independientes del funcionamiento del sistema durante 2 horas, que corresponde con el intervalo de tiempo durante el cual se produce una mayor afluencia de llamadas. Se supone en todas las réplicas que el sistema está inicialmente vacío.

Describa *detalladamente* cómo realizaría el modelo del sistema anterior usando Arena. En particular, dibuje el diagrama de módulos e indique qué parámetros del comportamiento del sistema deben definirse en cada módulo.

Pregunta 2 (3 puntos)

El siguiente modelo describe las acciones realizadas por un agente del Tipo C del Centro de Atención Telefónica descrito en la Pregunta 1. Describa el modelo empleando el formalismo DEVS clásico.

La interfaz del modelo, que se muestra en la siguiente figura, está compuesta por un puerto de entrada (In) y dos puertos de salida (OutA, OutB). En el puerto de entrada se reciben números naturales, cada uno de los cuales identifica de manera unívoca una llamada de un cliente.



El modelo puede encontrarse en cinco fases: *pasivo*, *recepción*, *transferA*, *transferB* y *solución*.

- Mientras no está en la fase *pasivo*, ignora los eventos de entrada.
- Si estando en la fase *pasivo* recibe en el puerto de entrada un dato, que llamaremos N , el comportamiento del modelo es el siguiente:
 1. Pasa a la fase *recepción*.
 2. Transcurridos Δ_1 segundos, donde Δ_1 de una observación de una distribución $U(20,40)$, obtiene un número pseudoaleatorio que llamaremos u .
 - Si $u \leq 0.15$, entonces
 - a) pasa a la fase *transferA*;
 - b) envía el valor N a través del puerto OutA; y
 - c) pasa a la fase *pasivo*.
 - Si $0.15 < u \leq 0.5$, entonces
 - a) pasa a la fase *transferB*;
 - b) envía el valor N a través del puerto OutB; y
 - c) pasa a la fase *pasivo*.
 - Si $u > 0.5$, entonces
 - a) pasa a la fase *solución*; y
 - b) transcurridos Δ_2 segundos, donde Δ_2 es una observación de una distribución $\text{triang}(60,120,180)$, pasa a la fase *pasivo*.

Puede realizar todas las hipótesis adicionales que desee acerca del funcionamiento del modelo, siempre y cuando no estén en contradicción con las especificaciones anteriores.

Pregunta 3 (2 puntos)

- 3.a** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué aplicación tienen los histogramas en el modelado de las entradas aleatorias al modelo.
- 3.b** (1 punto) Explique detalladamente cómo se dibuja el histograma de una variable aleatoria continua a partir de un conjunto de datos experimentales, x_1, \dots, x_n . Ponga un ejemplo de ello.
- 3.c** (0.5 puntos) Explique cómo obtener la distribución acumulada empírica continua a partir de los datos agrupados en forma de histograma.

Pregunta 4 (2 puntos)

- 4.a** (1 punto) Explique detalladamente en qué consiste el método de réplicas/eliminación aplicado a las simulaciones en el estacionario.
- 4.b** (1 punto) Explique detalladamente en qué consiste el método de medias por lotes aplicado a las simulaciones en el estacionario.