

Informe del proyecto Simulación de eventos discretos

Ernesto Roussell Zurita
Carlos Mario Chang Jardínez
Carlos Manuel García Rodríguez
C312

June 4, 2024

Abstract

Este es un proyecto totalmente académico en el que se busca simular el comportamiento de un sistema de colas en una biblioteca, con el fin de analizar los datos resultantes.

1 Introducción

Descripción del problema

El problema planteado pedía obtener unas estadísticas de un sistema de colas en una biblioteca, dado los datos de la distribución que seguía la llegada de personas a la biblioteca y el tiempo que se demoraba en atenderlos el bibliotecario debíamos obtener entre otros datos:

- El tiempo promedio que una persona pasaba esperando en la cola.
- La longitud promedio de la cola.
- La probabilidad de que se formara cola en la biblioteca.
- Que tanto tiempo libre tenía el bibliotecario.

Acercamiento al problema

Nuestra idea de proyecto fue implementar un modelo para simular el transcurso del tiempo en la biblioteca, la llegada de las personas en un tiempo determinado y un bibliotecario atendiéndolas, las variables que describen el problema y que hay que tener en cuenta son:

- La media de personas llegadas por hora, que sigue una distribución de Poisson.
- La media de tiempo que se demora el bibliotecario en atender a una persona que sigue una distribución exponencial.

2 Detalles de implementación

Primero debíamos tener una forma de generar variables aleatorias que siguieran las distribuciones Poisson y exponencial. Para ello usamos la biblioteca *numpy* de python, que con *numpy.random.poisson* y *numpy.random.exponential* genera variables aleatorias siguiendo esas distribuciones. Ese fue uno de los motivos por el cual elegimos Python como lenguaje para la implementación del modelo.

Abstracción del problema

Para la implementación definimos los dos tipos de eventos que vamos a manejar en la simulación:

- Una persona llega a la biblioteca.
- Una persona se termina de atender en el mostrador.

La idea principal es mantener una cola de prioridad de eventos en la cual la prioridad es el tiempo o momento en que ocurrirá el evento. En esta cola de prioridad los eventos de llegadas de personas ya vienen determinados, y los eventos de terminar de atender a alguien son los que se van añadiendo. Gracias a esto estamos logrando simular el tiempo que es una variable continua de forma discreta, ya que el algoritmo solo va manejando los eventos, y a partir del tiempo que ocurrieron esos eventos es que se recopilan los datos. Para mayor precisión la unidad de medida del tiempo manejada en la simulación es segundos.

En cada iteración de la simulación se almacenaban auxiliándonos de variables y estructuras de datos lo siguiente: cuanto tiempo estuvo libre el bibliotecario, cuanto tiempo hubo *i* personas en la cola, cuanto tiempo esperó cada persona en la cola antes de ser atendido, etc. A continuación mostramos un pequeño fragmento en pseudo-código de la parte central del algoritmo que maneja los eventos:

```
1 while not events.empty():
2     event = events.get()
3     transcur_time = event.time - actual_time
4     actual_time = event.time
5     if free_worker:
6         total_articles += (transcur_time * 22) // 3600
7         number_waiting_persons_in_time[waiting_person_count] +=
            transcur_time
8     if event[1] is EventType.ARRIVE:
9         waiting_persons.put((event.time))
10    if event[1] is EventType.FINISH:
11        free_worker = True
12    if free_worker:
13        if not waiting_persons.empty():
14            person = waiting_persons.get()
15            people_awaiting_time.append(actual_time - person)
16            events.put(
17                (
18                    np.random.exponential(self._service_delay)
19                    + actual_time,
20                    EventType.FINISH,
21                )
22            free_worker = False
```

3 Hallazgos de la Simulación

La simulación del sistema de atención en una biblioteca se llevó a cabo durante un periodo de 100 días. Los resultados principales obtenidos son los siguientes:

- Tiempo promedio de espera en la cola: Entre 3 y 4 minutos.
- Longitud promedio de la cola: 0.42 personas.
- Total de artículos procesados por día: 44.

4 Interpretación de los Resultados

Los resultados de la simulación nos permiten realizar las siguientes interpretaciones:

- **Eficiencia del Sistema de Atención:** El tiempo de espera promedio en la cola, que varía entre 3 y 4 minutos, sugiere que el sistema de atención es eficiente. Un tiempo de espera bajo es indicativo de un proceso ágil y bien gestionado.
- **Control de la Longitud de la Cola:** La longitud promedio de la cola es de 0.42 personas, lo que indica que raramente se forman colas largas. Este es un resultado deseable en un entorno de biblioteca, donde los usuarios prefieren un servicio rápido y sin demoras.
- **Capacidad de Trabajo del Bibliotecario:** Con un promedio de 44 artículos procesados por día, el bibliotecario tiene un flujo de trabajo moderado. Este nivel de actividad permite al bibliotecario disponer de tiempo libre para realizar otras tareas necesarias dentro de la biblioteca.

5 Hipótesis Extraídas de los Resultados

A partir de los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis 1:** El tiempo de espera en la cola podría mantenerse bajo incluso con un incremento moderado en la cantidad de usuarios.
- **Hipótesis 2:** La longitud promedio de la cola no aumentará significativamente con pequeñas variaciones en los patrones de llegada de los usuarios.
- **Hipótesis 3:** La inclusión de un segundo bibliotecario podría reducir aún más el tiempo de espera y la longitud de la cola, mejorando la eficiencia del sistema.

6 Experimentos Realizados para Validar las Hipótesis

Para validar estas hipótesis, se pueden llevar a cabo los siguientes experimentos:

- **Variación en la Cantidad de Usuarios:** Realizar una simulación adicional incrementando la cantidad de usuarios diarios para observar cómo afecta al tiempo de espera y a la longitud de la cola.
- **Patrones de Llegada:** Modificar los patrones de llegada de los usuarios, simulando picos de afluencia en ciertas horas del día para analizar el impacto en el rendimiento del sistema.
- **Incorporación de Múltiples Bibliotecarios:** Incluir un segundo bibliotecario en la simulación para evaluar cómo esta medida influye en la reducción del tiempo de espera y en la longitud promedio de la cola.

7 Necesidad de Realizar el Análisis Estadístico de la Simulación (Variables de Interés)

Es crucial realizar un análisis estadístico detallado para comprender mejor el comportamiento del sistema. Las variables de interés incluyen:

- **Tiempo de espera en la cola:** Analizar la distribución y la varianza del tiempo de espera para identificar posibles picos y valles.
- **Longitud de la cola:** Estudiar la distribución de la longitud de la cola a lo largo del día y durante el periodo de simulación.
- **Cantidad de artículos procesados:** Evaluar la consistencia y la variabilidad en la cantidad de artículos procesados diariamente.

El análisis estadístico permitirá identificar tendencias, patrones y posibles anomalías que no son evidentes en los promedios simples.

8 Análisis de Parada de la Simulación

El análisis de parada es fundamental para determinar el punto en el que la simulación ha alcanzado un estado estable y los resultados son representativos. En este contexto, se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Estabilidad de las Variables:** Monitorizar el tiempo de espera y la longitud de la cola para asegurar que se han estabilizado antes de considerar los resultados finales.
- **Número Suficiente de Réplicas:** Realizar múltiples réplicas de la simulación para garantizar que los resultados no son producto del azar y reflejan el comportamiento esperado del sistema.

- **Periodo de Calentamiento:** Descartar un periodo inicial de la simulación, conocido como periodo de calentamiento, donde el sistema está ajustándose a las condiciones iniciales y los resultados pueden no ser representativos.

La correcta aplicación de estas técnicas de análisis de parada garantizará la validez y la fiabilidad de los resultados de la simulación.

9 Conclusiones

A partir de la simulación, podemos concluir que:

- El tiempo de espera promedio en la cola es razonablemente bajo, lo cual sugiere que el sistema de atención es eficiente.
- La longitud promedio de la cola indica que raramente se forman colas largas, lo cual es deseable en un entorno de biblioteca.
- El bibliotecario tiene un tiempo libre moderado, permitiéndole realizar otras tareas necesarias.

La simulación proporciona una herramienta útil para analizar y mejorar el sistema de atención en la biblioteca. Futuras mejoras al modelo podrían incluir variaciones en los patrones de llegada y servicio, así como la inclusión de múltiples bibliotecarios para analizar su impacto en el rendimiento del sistema.