|  |  |
| --- | --- |
|  | **Pontificia Universidad CatÓlica de Chile**  **Escuela de IngenierÍa**  **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**  **PROFESOR: PEDRO GAZMURI S.**  **ICS 3723 – SIMULACIÓN** |

**TAREA Nº4**

1. Se desea modelar un sistema de espera en que hay correlación entre los tiempos entre llegadas y en que queremos usar el método regenerativo para hacer estimaciones de largo plazo del tiempo promedio de espera en la cola de un cliente cualquiera. Este sistema de denomina SM/M/1, debido a que la llegada corresponde a un proceso semi-markoviano.

Para los tiempos entre llegadas asumirnos que hay 3 estados posibles, cada uno asociado a una distribución de probabilidades específica, en este caso serán 3 distribuciones uniformes, U(2,4), U3,7) y U(3,9), con medias 3, 5 y 6 respectivamente. Si Xn denomina el tipo de distribución asociada al tiempo entre llegadas Tn ; n>1(tiempo entre la llegada n-1 y la llegada n); T1= tiempo desde 0 hasta la primera llegada; entonces el proceso {Xn, n=1,2,….} será modelado como una Cadena de Markov Discreta; la matriz P asociada será:

1/3 2/3 0

1/2 0 1/2

2/3 1/3 0

Los tiempos de servicio son exponenciales con media 4. Si llamamos Yn al número de personas en el sistema a la llegada del cliente número n, entonces el proceso {(Xn,Yn); n=1,2….} es un proceso regenerativo. Se simuló este proceso para generar la llegada de 1000 clientes. Se utilizó como punto de regeneración el punto: (2,2), es decir cada vez que al llegar un cliente hay dos personas en el sistema y la distribución de probabilidades del tiempo hasta la siguiente llegada es U(3,7). Se asumió que X1=1 y que el sistema partía vacío. El objetivo fue estimar el tiempo medio de espera en la cola. Los valores de Bj, Nj , Zj obtenidos para los 44 ciclos construidos aparecen en la Tabla anexa.

1. Construya histogramas para Nj y Zj partir de los datos de la Tabla. Comente.
2. Estime las varianzas de Nj y Zj y la co-varianza entre ellas
3. Construya intervalos de confianza para el tiempo promedio de espera en la cola usando los primeros 22 ciclos y luego los siguientes 22; haga lo mismo tomando todos los ciclos. Calcule el error relativo de los intervalos respectivos.
4. Consideremos de nuevo el problema de la Tarea Nº3 (camiones en faena minera). Se desea usar la metodología vista en clases para escoger la mejor configuración de un conjunto de alternativas. Se definieron los siguientes 5 escenarios, en base al número de especialistas mecánicos y eléctricos y al tiempo medio entre fallas:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | Mecánicos | Eléctricos | Parámetro (tiempo entre fallas) |
| BASE | 4 | 1 | 70 |
| Escenario 1 | 3 | 2 | 70 |
| Escenario 2 | 2 | 3 | 70 |
| Escenario 3 | 4 | 2 | 70 |
| Escenario 4 | 4 | 1 | 80 |

Utilice los siguientes valores: P\*=0.95; n0=20; h1=3.258. El horizonte de cada simulación son 10.000 horas. Entregue en forma detallada los resultados de cada etapa y los resultados finales del método. La medida de desempeño es la disponibilidad de los camiones.

3. Considere el ejemplo visto en clases para explicar el funcionamiento de OptQuest®. Se pide analizar un sistema similar al anterior, con la siguiente configuración:

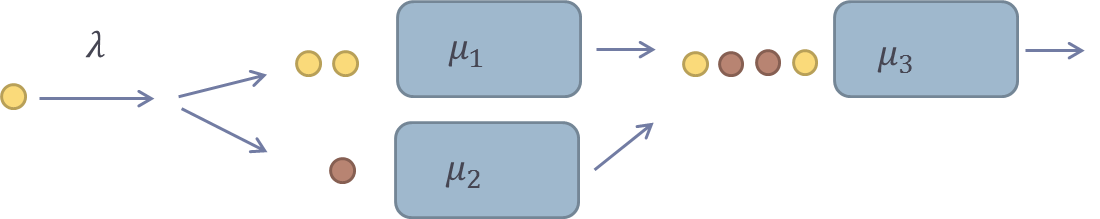


Figura N° 1 – Configuración del sistema de atención de personas

Las personas llegan de acuerdo a un proceso de Poisson a una tasa igual a 100 personas / hora. Cuando llega una persona, esta puede ser *tipo 1* o *tipo 2* de acuerdo a la siguiente probabilidad discreta:

* Personas *tipo 1*: 25 %
* Personas *tipo 2*: 75 %

Las personas *tipo 1* se atienden en el servidor 1, y tienen un tiempo de atención que distribuye Exponencial con tasa . Las personas *tipo 2* se atienden en el servidor 2, y tienen un tiempo de atención que distribuye Exponencial con tasa . Finalizado los servicios en el servidor 1 y 2, las personas pasan a un servidor 3, que atiende con un tiempo exponencial .

El costo de operar el sistema depende directamente de las tasas y . Existe un costo de **$45** asociado al uso del servidor 1, un costo de **$25** asociado al uso del servidor 2 y un costo de **$60** asociado al uso del servidor 3.

Se desea minimizar el costo de operación del sistema para las primeras 12 horas, pero sujeto a la restricción de entregar un nivel de servicio del 95% para las personas *tipo 1* y un nivel de servicio del 85% a las personas *tipo 2*. El nivel de servicio se define como el porcentaje de personas que esperan menos de **15 minutos** en las colas del sistema.

Se pide lo siguiente:

1. Desarrolle un modelo en Arena para representar el sistema descrito. Usando la herramienta OptQuest, realice 400 iteraciones para encontrar las 10 mejores soluciones factibles al problema anterior . Utilice 3 réplicas por iteración. Explique su modelo y los resultados obtenidos desde OptQuest.
2. Realice múltiples réplicas de simulación de forma independiente para las 10 mejores configuraciones sugeridas por OptQuest. Calcule el valor esperado para el nivel de servicio de cada *tipo* de persona:
   1. ¿Qué ocurre con el nivel de servicio? ¿Se cumple con los estándares de atención?
   2. Estudie la estabilidad del valor esperado para la medida de desempeño estudiada
   3. ¿Es posible disminuir más aún el costo de operación del sistema?

Documente y detalle todo los procedimientos utilizados.

**FECHA DE ENTREGA: MARTES 11 DE JUNIO AL INICIO DE LA CLASE**

**PONDERACIONES: P1): 20 pts. P2): 30 pts. P3): 40 pts.**

**Tabla Anexa Problema N°1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| j | Bj | Nj | Zj |
| 1 | 4 | 9 | 24 |
| 2 | 13 | 17 | 73 |
| 3 | 30 | 40 | 259 |
| 4 | 70 | 104 | 701 |
| 5 | 174 | 8 | 22 |
| 6 | 182 | 2 | 3 |
| 7 | 184 | 15 | 29 |
| 8 | 199 | 4 | 10 |
| 9 | 203 | 2 | 4 |
| 10 | 205 | 11 | 22 |
| 11 | 216 | 5 | 5 |
| 12 | 221 | 81 | 649 |
| 13 | 302 | 6 | 15 |
| 14 | 308 | 3 | 6 |
| 15 | 311 | 24 | 53 |
| 16 | 335 | 5 | 16 |
| 17 | 340 | 30 | 34 |
| 18 | 370 | 164 | 1311 |
| 19 | 534 | 73 | 386 |
| 20 | 607 | 2 | 3 |
| 21 | 609 | 7 | 13 |
| 22 | 616 | 2 | 3 |
| 23 | 618 | 29 | 85 |
| 24 | 647 | 3 | 6 |
| 25 | 650 | 20 | 17 |
| 26 | 670 | 99 | 648 |
| 27 | 769 | 20 | 28 |
| 28 | 789 | 8 | 7 |
| 29 | 797 | 15 | 20 |
| 30 | 812 | 16 | 9 |
| 31 | 828 | 4 | 12 |
| 32 | 832 | 2 | 4 |
| 33 | 834 | 8 | 3 |
| 34 | 842 | 7 | 15 |
| 35 | 849 | 7 | 4 |
| 36 | 856 | 13 | 18 |
| 37 | 869 | 4 | 11 |
| 38 | 873 | 7 | 21 |
| 39 | 880 | 21 | 34 |
| 40 | 901 | 20 | 22 |
| 41 | 921 | 2 | 3 |
| 42 | 923 | 2 | 4 |
| 43 | 925 | 4 | 7 |
| 44 | 929 | 10 | 22 |
|  |  |  |  |