

ANALISIS DE RESULTADOS

AUTOR: JAVIER CHINCHILLA MORALES

NOVIEMBRE: 2020



San Marcos

Introducción

A continuación se expone como se debe hacer la selección del método de analizar los resultados según la naturaleza del proceso en estudio, y como determinar la cantidad de replicas a producir.

Análisis de resultados

Análisis de resultados para sistemas terminantes y no terminantes

Simulación con terminación: esta simulación se dice que tiene terminación cuando existe un evento que señala de forma natural el final de la misma, la finalidad es estudiar el comportamiento del sistema cuando éste evoluciona, partiendo de condiciones iniciales, hasta que se satisface determinada condición de finalización.

En la simulación por terminación se hacen n duplicaciones independiente, si cada una de la N simulaciones se inician con las mismas condiciones iniciales y se ejecutan usando una secuencia diferente de números aleatorio, entonces cada simulación se puede tratar como una duplicación independiente.

Estos tipos de eventos u ocurrencias es donde el mismo se puede ser determinado de antemano, y por lo tanto puede ser programado con anticipación, para dichos eventos, en los que es posible que se patee su ejecución en el transcurso del tiempo, el avance del reloj de la simulación se dispone según el próximo evento programado. Así la ejecución de eventos programados continúa, hasta que se produce el evento de la terminación de la simulación.

En algunos casos, el proceso, desde el principio al fin, puede ser replicado exactamente. Pero también es posible asumir que, en la simulación, las repeticiones son procesos independientes. Algunos sistemas trabajan sin parar. Esos sistemas que no terminan pueden tener entradas o parametros constantes, periódicos o estocásticos (o incluso, caóticos). Algunos ejemplo de Sistema terminantes es cuando estudiamos un banco y la duración de la operación o corrida del modelo viene dada po rel tiempo de aperture y el de cierre del ente, o para ser mas precisos se estudia el tiempo entre el arribo del primer cliente hasta la finalización del Servicio al ultimo cliente que puede ser antes o después del cierre, otro ejemplo es estudiar la cantidad de naves que llegan a un Puerto, la cual al ser muy concurrido puede tener mucha fluctuaciones a lo largo del dia, lo cual trabaja sin parar.

La simulación de estos últimos sistemas debe comenzar y terminar en ciertos instantes, así que surge el problema de qué cuanto tiempo debe corer la simulación para que produzca una representación útil de la



conducta del Sistema modelado.

Las “n” replicas que se hagan de una simulación deberían hacerse con distintos números aleatorios, donde es conveniente para usarlas en las comparaciones, que la secciones independientes del modelo usen caudales diferentes de números aleatorios, pero no es esencial en la discusión sobre el cómo extraer resultados de las corridas de un modelo fijo solamente. En la práctica, repeticiones con semillas distantes pueden ser hechos repitieno la corrida sin reinicializar la semillas. Es decir, cada corrida usa como semilla, el valor final del número aleatorio del caudal correspondiente. Otro método es inicializar expresamente la semilla con valores diferentes en cada una de la repeticiones. Es prácticamnte imposible (en la corridas sin reiniciar) que en una corrida las semillas iniciales sean las mismas que aquellas en otra repetición, por lo que la correlación es altamente improbable. En estas condiciones, las distintas repeticiones pueden ser consideradas, con Seguridad, procesos estocásticos independientes.

Simulación sin terminación: esta es sin terminación cuando no existe un evento que de manera natural marque el final de la misma, la finaldad de este tipo de estudios es analizar el comportamiento del sistema una vez éste ha adquirido un régimen de funcionamiento independiente de las condiciones iniciales de la simulación, es decir, el estado estacionario.

En la simulación de estado estable se ejecutan en un largo periodo, es decir, la duración de la simulación se va al infinito, o sea trabajan en un modo de estado estable, éste suele comenzar de condiciones que no corresponden a ese estado estable, por que en general las condiciones de estabilidad son desconocidas, si el modelo contiene las retroalimentaciones apropiadas, el estado estable se alcanzará luego de transcurrir en tiempo de conducta transitoria, valga la redundancia. La conducta estable es la que normalmente interesa al personal que esta simulando, así que el primer problema a enfrentar con este tipo de sistemas es cómo precisar cuando termina el periodo transitorio y comienza el estable, pues sólo las estadísticas para el estado estable serían de utilidad y las que se considerarían.

Por ejemplo analicemos que en una cola, la gente llega con tiempos tomados de una distribución exponencial con media de 4 minutos. Son servidos con tiempos tomados de una distribución gamma con media de 7 minutos y desviación de 2 minutos. Si la cola es mayor de 15, el 90 % de la gente no puede entrar y debe irse del sistema.

Para una corrida de 700 minutos obtenemos estos estadísticos:

Longitud de la cola, media: 14.940 desviación: 3.392.

Tiempo de espera en la cola, media: 80.632 desviación: 44.520

La enorme desviación estándar es causada por un régimen transitorio desde el estado inicial vacío y hasta un régimen estable. A partir del gráfico de la series de tiempo de la cola, se estima que ese transitorio es de alrededor de 120 minutos.

Si se toman las estadísticas desde el tiempo 120 y hasta el 700, se obtienen los siguiente valores:

Longitud de la cola, media: 15.281 desviación: 1.166

Tiempo de espera en la cola, media: 105.289 desviación: 11.687

Estos valores tienen desviaciones menores y representan con más precisión el estado estable del sistema. Corridas más largas no parecen este resultado. Una corrida desde 120 hasta 10000 produce estos valores: Longitud de la cola, media: 15.320 desviación: 0.978

Tiempo de espera en la cola, media: 108.537. desviación: 10.470

Por otro lado, en las corridas largas sin la eliminación del transitorio, los efectos de este perduran por mucho tiempo. Por ejemplo, en una corrida desde 0 hasta 2000, los valores fueron:
 Longitud de la cola, media: 14.281 desviación: 2.189
 Tiempo de espera en la cola, media: 95.217. desviación: 30.338
 que son peores que los números de la corrida corta entre 120 y 700.

La primera idea es comenzar la simulación con las condiciones del estado estable. De esta forma, en un sistema con colas y recursos, en lugar de comenzar con un sistema vacío, comenzar con la longitud de las colas y la ocupación de los recursos que correspondería con el estado estable. Estos valores son, desde luego, desconocidos en general (ellos son mayormente el objetivo al construir un modelo) así que, probablemente, tendremos que comenzar adivinando.

No siempre es claro en que momento comienza el estado estable. El acercamiento al estado estable puede ser gradual y, en procesos estocásticos, puede estar camuflado por fuertes fluctuaciones. La inspección del gráfico de salidas es, por supuesto, el método más fácil y funciona bien en muchos casos. Para los otros casos, hay muchos métodos propuestos.

Determinación de número de réplicas

Según sea el tamaño del experimento puede verse influenciado por el aumento o disminución de la cantidad de réplicas el cálculo del número depende de:

- Una estimación de σ^2 obtenido de experimentos previos.
- El tamaño de la diferencia de (δ) a detectar.
- La Seguridad con la que se desea detectar la diferencia (es decir, poder de la prueba = $1-\beta$).
- El nivel de importancia que se utilizará en el experiment real.
- La prueba requerida, ya sea una prueba de una cola o de dos colas.

Para determinar el número de repeticiones que se usarán, se debe usar la siguiente formula:

$$\#reps = 2 \left(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta} \right) \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2$$

(para ampliar su conocimiento ver el siguiente contenido del [link](#))

Comparación de alternativas

Normalmente se contruyen modelos para comparar los resultados de las diferentes situaciones y políticas en

el sistema simulado. Esto implica que se realizarán corridas con diferentes parámetros y estructuras.

En un modelo de la producción, inventario y despacho, es interesante evaluar la influencia de la política de inventario, en particular la consideración de la demanda acumulada, sobre la ganancia y sobre el retardo promedio en atender a los clientes. Para ellos habría que cambiar los valores de ciertos parámetros que sirven de coeficientes a las fórmulas que relacionan en inventario deseado con la ganancia y al tiempo de retardo en atender.

En un banco hay dos cajeros. Se están estudiando dos formas de acceso para los clientes:

1. Los clientes que llegan forman una sola cola. El primero de la cola va al primer cajero que se desocupa.
2. Se forman dos colas, una frente a cada cajero. El cliente que llega va a la cola más corta.

Se construye un modelo para decidir cual de las dos estructuras de cola produce el menor retardo en el servicio. El modelo deber ser corrido con ambas estructuras. En cada caso, se computa el tiempo de retardo promedio que sirve para estimar el tiempo de retardo total. Esos valores, de cada modelo, se comparan.

Las variables o modalidades que se cambian son usualmente llamadas factores y los diferentes valores que adoptan son los niveles. Los resultados sobre los cuáles se fija la atención del simulista durante los experimentos son las respuestas. Así, en el primer ejemplo, el coeficiente es el factor y las ganancia y el retardo son las respuestas. En el segundo ejemplo, la disciplina de la cola es el factor y el retardo total de los clientes es la respuesta. Si el modelo es determinístico, como en el primer ejemplo, la comparación de valores de las respuestas para las diversas corridas es directa. En los modelos probabilísticos, como en el segundo ejemplo, se realizan muchos experimentos para cada nivel o valor de cada factor y se debe realizar una comparación de entre las estadísticas o distribuciones de los dos o más conjuntos de valores respuesta.

Conclusiones y recomendaciones

Siempre antes de montar una industria debemos conocer a detalle que es lo que se pretende, cuales son sus objetivos, que tipo de industria va a ser, cuales son los resultados esperados de la simulación para poder llegar a realizar el estudio deseado, y hacer una interpretación y validación de los datos de salida que se reflejen a partir de todas las iteraciones.

Referencias bibliográficas

- Anderson, D; Sweeney, D. & Williams, T. (2019). *Fundamentos de métodos cuantitativos para los negocios*. Cengage Learning



www.usanmarcos.ac.cr

San José, Costa Rica