

Recolección y Análisis de Resultados

Clase nro. 7
CURSO 2010

S.E.D. Curso 2010

Recolección de resultados

- **Evitar** un alud de resultados que nos pueda ahogar.
- Los **objetivos** determinan la selección de resultados. Estos deben ser producidos en cantidades digeribles de modo que puedan ser resumidos en **gráficos, histogramas o simplemente tablas**.
- De suma importancia el **análisis estadístico**, como ser análisis de factores e intervalos de confianza.
- Los diferentes **tipos de simulación** determinan el carácter y requerimientos de la recolección, así como del análisis de los resultados.

S.E.D. Curso 2010

Tipos de Simulación

- *Comparación*: Diferencia entre los resultados de dos o más corridas. En cada corrida se cambian los valores de las variables de decisión.
- *Predicción*: Varias corridas, cada una con diferentes conjuntos de torrentes de números aleatorios.
- *Investigación*: Visualización continua de la información a medida que corre la simulación, mostrando largos de colas, uso de recursos entre otros.

En *Comparación y Predicción* deben capturarse datos durante las corridas para realizar los cálculos necesarios que fueran determinados según los objetivos de la simulación.

S.E.D. Curso 2010

Simulación en estado estable y Simulación terminal

Una *variable* está en *estado estacionario (estable)* si su valor esperado es el mismo durante el período de tiempo que estamos considerando.

S.E.D. Curso 2010

Simulación en estado estable

Una **simulación** está en *estado estacionario (estable)* si todas sus colas están en estado estacionario.

El estado estacionario es alcanzado luego de un período de tiempo llamado período *transitorio inicial (run-in)*.

S.E.D. Curso 2010

Simulación terminal

Simulación *terminal*, describen sistemas que operan en períodos cortos de tiempo y que muchas veces nunca alcanzan el estado estacionario. Interesa **todo** el período de simulación.

Existen **otros** tipos de simulación que **no** son terminal y que no alcanzan el estado estacionario (ej: espera por transplante riñón, fig 5.1).

S.E.D. Curso 2010

Estado estacionario, Condiciones y Sesgo inicial

Para obtener **resultados confiables**: *durante todo el tiempo en que se toman las medidas* (cuando se registran los datos de la simulación) *el sistema debe estar en estado estacionario.*

S.E.D. Curso 2010

Estado estacionario, Condiciones y Sesgo inicial

Condiciones iniciales: son los valores iniciales de los parámetros para una simulación en estado estacionario.

Las condiciones iniciales determinan un **sesgo inicial** que influye en el tiempo que lleva alcanzar la estabilidad, en los resultados y en las estimaciones calculadas.

Este sesgo se puede anular realizando simulaciones durante un período de tiempo muy largo.

S.E.D. Curso 2010

Cómo obtener resultados confiables

Existen 3 maneras:

1. Comenzar en estado estacionario con información del "sistema real". Cantidad y tipo de entidades en actividad y en colas, organizadas en el calendario según información anterior y de acuerdo a sus distribuciones.

S.E.D. Curso 2010

Cómo obtener resultados confiables

2. La simulación se corre hasta alcanzar estado estacionario y se toma "ese" estado del sistema como punto de partida para las siguientes corridas.

S.E.D. Curso 2010

Cómo obtener resultados confiables

3. Se corre la simulación desde el “*sistema vacío*” hasta el “*estado estable*”, allí se comienzan a recolectar datos. Se desprecian las medidas del período “run-in”.

S.E.D. Curso 2010

Cómo obtener resultados confiables

El tercer método es el más “seguro”.

En los dos primeros se corre el riesgo de obtener datos sesgados; cuando se alcanza el estado estacionario puede variar dependiendo a veces de los distintos valores de las variables de decisión.

S.E.D. Curso 2010

Detección del estado estacionario

Método de promedios acumulados (Gafarian, 78)

En puntos discretos del tiempo se toman e “imprimen” promedios acumulados de los parámetros de salida.

El promedio tiende a un valor relativamente constante cuando se alcanza la estabilidad.

S.E.D. Curso 2010

Método de promedios acumulados

Se considera que el último parámetro en alcanzar la estabilidad, determina el fin del período “run-in”.

Si \bar{X}_t es el promedio de un parámetro obtenido en un intervalo de tiempo t , entonces los promedios acumulados serían:

$$\bar{X}_1, \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2}{2}, \dots, \frac{\bar{X}_1 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

S.E.D. Curso 2010

Detección del estado estacionario

El intervalo de tiempo entre los distintos intervalos t , se determina mediante ensayos de **prueba y error**.

Tener en cuenta que cada intervalo debe incluir un número suficientemente grande de observaciones.

S.E.D. Curso 2010

Filas de espera y Simulación

Modelos de S.E.D. equivalentes a modelos complejos de filas de espera.

Datos:

- largo de filas,
- tiempos de espera en fila y en el sistema,
- número de clientes en sistema,
- tasas de utilización y
- uso de recursos.

S.E.D. Curso 2010

Filas de espera y Simulación

Los Sistemas descritos por Filas de Espera se suponen en **estado estacionario** => se realiza el cálculo a partir de pocos parámetros.

Sistemas más complejos y no estacionarios: se necesita tomar más cantidad y variedad de resultados.

Los datos se toman en los tiempos que ocurre cada evento. Decisión análoga a la recolección de datos “real”, pero con ventajas ya que se pueden realizar muchas corridas para obtener una muestra mayor.

S.E.D. Curso 2010

Recolección de resultados

Los datos que se recolectan son guardados en **histogramas o tablas**.

Siguientes tipos de resultados:

1. **Distribuciones, promedios, varianzas** de las variables proveen importante información en corridas de simulaciones en *estado estable*.

S.E.D. Curso 2010

Recolección de resultados

2. Análisis de **series de tiempo** se usan para variables que cambian sistemáticamente, los datos se toman durante parte o toda la simulación. Se usa en *sistemas en estado NO estable*.

S.E.D. Curso 2010

Recolección de resultados

3. **Valores instantáneos** de variables tomados cada intervalos en el tiempo, por ejemplo: largo de cola o la cantidad de entidades. También resultados que resumen medidas sobre toda la corrida como por ejemplo el uso de los recursos ya sea su promedio o valor total (son usados en ambos tipos de simulación).

S.E.D. Curso 2010

Registro de datos

- La simulación debe registrar las estadísticas y datos en histogramas o tablas a medida que corre la simulación para poder calcular los resultados.
- Cómo se toman y registran los datos?

S.E.D. Curso 2010

Cómo se toman los tiempos?

Los *tiempos de espera de las entidades* se registran al comienzo de un evento C, antes de colocar a la entidad en el calendario, (cuando es retirada de una cola).

$$t_f = T_{\text{presente}} - (\text{tiempo en el entity clock}).$$

Las observaciones de *tiempos ponderados* se utilizan para que las distribuciones de los largos de cola y uso de recursos reflejen también los tiempos durante los cuales han mantenido determinados valores.

S.E.D. Curso 2010

Datos de tiempos ponderados

Cuando una entidad se agrega o quita de la cola, se toma la observación X^*t , donde X es el largo de la cola y/o el uso de recurso y t es el lapso de tiempo desde la observación anterior realizada.

S.E.D. Curso 2010

Datos en series de tiempo

Las **series de tiempo** muestran la tendencia de las variables de respuesta en el tiempo de la simulación.

Como en simulación todo se mantiene igual de un evento discreto a otro, entonces, los valores se toman en intervalos de tiempos regulares, al comienzo o final de cada evento discreto. Lo que pasa entre ellos se completa a posteriori de alguna forma.

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

Provee representación visual de la distribución de frecuencias. Se usa para mostrar resultados de la simulación o la tendencia de algunas variables durante la simulación.

Datos de Frecuencias:

El eje de las x se divide en celdas iguales hasta el número mayor contado en la simulación. Cada medida realizada caerá en alguna de las celdas del eje x .

Para observaciones no ponderadas por el tiempo se agrega un valor a la celda correspondiente.

Las ponderadas por el tiempo, se agrega el tiempo transcurrido desde la última observación. (ver figs. 5.2, 5.3)

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

Datos de tendencias:

El *eje de las x* se divide en celdas de igual longitud, cada una de ellas representa un intervalo de tiempo. (fig 5.3).

La longitud total del eje debe tener en cuenta la duración de la simulación.

El *eje de las y* representa los valores de las variables que se recolectan en cada golpe de reloj, se ingresan en las celdas correspondientes al intervalo de tiempo.

S.E.D. Curso 2010

Tratamiento de resultados e Histogramas

Tipos de Resultados:

1.-Frecuencias

- Tiempos de espera (state)
- Largos de cola, utilización de recursos (time-weighted)

2.-Tendencias

Series de tiempo (time-series)

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

Pascal_SIM provee facilidades para crear, salvar observaciones e imprimir histogramas. (ver libro, sección 5.5.3).

Observar Procedimientos:

- make_histogram
- reset_histogram
- log_histogram
- print_histogram

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

Tiempos de espera de las entidades.

$x = \text{tim} - \text{entity clock.}$

Se agrega 1 unidad a la celda correspondiente a x en un histograma de “estado”.

procedure log_histogram(var h:histogram; x, y : real)

Ejemplo: waiting time for operation

log_histogram(op_waiting, tim-current^.time, 1)

y = 1

(ver initialize, start_operation y fig 6.2)

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

Distribuciones del largo de las filas y uso de recursos.

X es la observación (largo fila o cantidad de recursos e uso) y t el intervalo de tiempo desde el registro anterior.

$X \cdot t$ es la observación ponderada por el tiempo.

Se usa para cálculo largo MEDIO de la cola o utilización MEDIA de los recursos.

En histogramas de tiempo ponderado se agrega t , el tiempo transcurrido desde el registro anterior, a la celda que corresponde al valor X observado.

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

La **variable histograma** de Pascal Sim permite calcular el intervalo de tiempo transcurrido mediante su atributo "*expended*" y el procedimiento

procedure `log_histogram`(**var** `h`:`histogram`; `x, y` : `real`) .

Como? (Pag 269)

Ejemplos: `log_histogram(q1_hist, count(q1), 1);`
`log_histogram(bed_util, number-num_avail, 1);`

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

Series de tiempo.

Las observaciones deben registrarse cada intervalos regulares de tiempo, iguales al tamaño del ancho de la celda; de lo contrario los datos en el eje *Y* se acumulan.

S.E.D. Curso 2010

Ejemplo

Ver procedimientos

patient1_arrives, start_hospital_stay

son eventos desde donde se puede observar el estado de q1.

**end_hospital_stay, end_postoperative_stay,
start_hospital_stay, start_preoperative_stay,**

eventos en que se dan cambios en la utilización de camas.

Ver histogramas fig 6.2,
y correspondencia fig 5.2 y fig 5.4

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

En EOSimulator existe una clase para cada tipo de histograma diferente:

- **Observation**: histogramas de frecuencias.
- **TimeSeries**: histogramas de series de tiempo.
- **TimeWeighted**: histogramas ponderados en el tiempo.

Operación $\log(\text{double value})$ tiene distintos métodos según la clase.

S.E.D. Curso 2010

Histogramas

EOSimulator almacena toda la información registrada (clase [Histogram](#)) y permite configurar la visualización de formas diferentes (tablas, gráficos).

Forma de registrar tiempos de espera, similar a Pascal Sim:

```
x = modelo->getSimTime() - entidad->getClock();
```

S.E.D. Curso 2010

Recolección de resultados, análisis posterior

Necesitamos de información para decidir, los datos (resultados) se procesarán

- estadísticamente, a partir del resumen de varias corridas,
- mediante visualización gráfica o
- mediante formula y cálculo (p.ej costos).

La decisión de cómo presentar la información se debe planificar anticipadamente, aunque se puede dejar para el final, una vez realizado el plan de experimentación.

S.E.D. Curso 2010

Recolección de resultados, análisis posterior

Registro de la información :

largo de cola, uso de recursos

tiempo de esperas, etc.

pueden ser obtenidos en cada ocasión de un evento.

Uso de la información : puede ser presentada utilizando procedimientos estadísticos conocidos.

Se pueden utilizar paquetes estadísticos especializados.

En caso de estudios profesionales asesorarse con expertos en estadística.

S.E.D. Curso 2010