

IO 143 SIMULACIÓN DE SISTEMAS DINÁMICOS

OBJETIVO

Dar al estudiante una visión general de la simulación de sistemas discretos y los aspectos estadísticos involucrados en un experimento de simulación. Al finalizar el curso el estudiante podrá realizar simulaciones en las áreas de teoría de colas, procesos de manufactura y procesos de servicios.

CONTENIDO

TEÓRICA DE LA SIMULACIÓN DISCRETA

1. SISTEMAS Y MODELOS

- a. Sistemas.
- b. Modelos
- c. Importancia de los modelos
- d. Clasificación de los modelos
- e. La simulación y la investigación de operaciones
- f. Proceso de modelado asociado con la simulación
- g. Concepto y definición y componentes de un sistema

2. MONTE CARLO

- a. Muestreo Monte Carlo
- b. Curva de distribución acumulada
- c. Uso de las tablas de números aleatorios en Monte Carlo
- d. Aplicación empresarial (mantenimiento)
- e. Aplicación matemática

3. NÚMEROS ALEATORIOS

- a. Números aleatorios y pseudo aleatorios
- b. Números aleatorios uniformes
- c. Método del Cuadrado medio
- d. Métodos basados en números congruentes
- e. Método utilizado por el GPSS
- f. Test estadísticos para números aleatorios
- g. Prueba de Kolmogorov – Smirnov
- h. Prueba de Corrida (run test)

4. GENERADORES DE PROCESO

- a. Generadores de proceso
- b. Técnicas para generar variables aleatorias
- c. Método de transformación inversa

- d. Generación de procesos continuos
- e. Distribución uniforme
- f. Distribución exponencial negativa
- g. Distribución normal
- h. Otras distribuciones continuas
- i. Generación de procesos discretos
- j. Distribución binomial
- k. Distribución Poisson
- l. Distribuciones empíricas

5. ENCONTRANDO LA DISTRIBUCIÓN CORRECTA

- a. ¿Por qué usar Distribuciones Estándar?
- b. Algunas Distribuciones Estándar: Exponencial, Gamma, Normal, Uniforme, Weibull, Triangular, Lognormal, Erlang, Beta, Poisson, Binomial, Uniforme discreta
- c. Estimadores y Prueba de Bondad de Ajuste: Prueba Chi Cuadrado

6. ALGUNOS ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS CON LA REALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN

- a. Estadísticas de llegadas
- b. Llegadas cíclicas.
- c. Llegadas periódicas
- d. Llegadas iniciadas internamente
- e. Simulaciones terminantes vs simulaciones no terminantes

7. ALGUNOS ASPECTOS PRÁCTICOS RELACIONADOS CON RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LA SIMULACIÓN

- a. Estadísticas de los procesos
- b. Flujos <Streams> de números aleatorios
- c. Estadísticas de salida
- d. Determinación del período de calentamiento (warm-up period).
- e. Longitud de la corrida de un experimento de simulación
- f. Número de Replicaciones
- g. Inferencia estadística
- h. Comparación y evaluación de alternativas
- i. Técnicas de Reducción de varianza.

PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN DISCRETA

Práctica 1. Presenta el modelaje de estaciones de procesamiento, entidades a ser procesadas, definición de llegadas, tiempos de procesamiento en cada estación (comando WAIT), la operación de cortar o particionar una entidad en dos o más partes, traslado de una entidad de una estación a otra y el tiempo que la entidad invierte en viajar entre

estaciones (comando MOVE FOR). Introduce la definición de atributos para las estaciones como: calibrador, contador, luces de status y texto.

Resumen: Definición de estaciones, definición de entidades, definición de llegadas, definición de procesos, ejecución, definición de atributos de las estaciones (calibrador, luces de status, contador, texto).

Práctica 2. Agrega a los conceptos modelados en la Práctica 1, (donde se modelaron entre otros conceptos el de particionar una entidad en más piezas o partes) el modelaje de juntar piezas o partes en grupos o lotes (comando COMBINE).

Resumen: Corte y destarimado, loteo, capacidad de las estaciones, combinación de entidades.

Práctica 3. Esta práctica introduce la representación de variables y la manipulación de ellas (operadores de incremento y decremento INC, DEC) como forma de modelar parámetros claves para las decisiones como rastrear defectos, calcular inventario en proceso, contar partes terminadas, etc. Además del enrutamiento simple presentado en las dos prácticas anteriores ésta práctica introduce el enrutamiento probabilístico para modelar la probabilidad de que una pieza sea enrutada a una estación en vez de otra.

Resumen: añadir estaciones, bloques de ruta, enrutamiento probabilística, gráficas de fondo, variables, cambio de gráficas de las entidades.

Práctica 4. Esta práctica introduce el modelaje de bandas de transporte y filas de espera. Modela el concepto de ensamblar dos entidades después del ensamble las entidades quedan permanentemente unidas (comando JOIN y IF JOIN REQUESTED). Modela el concepto de ensamblar dos entidades (o colocar una entidad sobre otra) que más tarde pueden ser desensambladas o descargadas, usando los comandos LOAD Y IF LOAD REQUESTED.

Resumen: Bandas transportadoras, colas (filas), Comando JOIN(ensamblar), comando LOAD/UNLOAD (carga/descarga)

Práctica 5. Esta práctica introduce el modelaje de recursos a ser usados o utilizados para realizar actividades como transportar entidades, operar en una estación de trabajo, apoyar en el mantenimiento de las estaciones de trabajo, etc. Igualmente se presenta la forma de modelar las rutas sobre las cuales se mueven los recursos. La forma como los recursos son capturados y liberados (comandos GET, USE, FREE, MOVE WITH).

Resumen: Definición de redes de ruta, definición de recursos, comando MOVE WITH, GET, FREE, USE.

Práctica 6. En ésta práctica se introduce el concepto de atributos que caracterizan o contienen información sobre una entidad o estación. A diferencia de los modelos presentados en las prácticas anteriores con llegadas de entidades al sistema de forma determinística en ésta práctica se introduce la forma de modelar las llegadas de acuerdo con una distribución probabilística experimental dada por el usuario y se amplían las estructuras de comandos

para presentar la lógica de proceso.

Resumen: Atributos, creación de una distribución probabilística, lógica de proceso (IF/ ELSE / BEGIN / END / ROUTE).

Práctica 7. Esta práctica introduce el uso de distribuciones probabilísticas teóricas y la forma de hacerle seguimiento a los tiempos de ciclo de cada una de las entidades que se están procesando en un sistema mediante el uso de las funciones CLOCK() y LOG.

Resumen: Función de probabilidad normal, Funciones CLOCK() y LOG, atributos.

Práctica 8. Esta práctica introduce la forma de simular tiempos en los cuales la operación de una máquina (estación) debe ser detenida por ejemplo para el mantenimiento preventivo de ella. También es presentada la forma de modelar los turnos de trabajo de una empresa y el despliegue de textos y expresiones numéricas en puntos específicos durante la ejecución de un modelo (comando DISPLAY)

Resumen: Tiempos de parada (Down Times), definición de turnos (Shifts), asignación de turnos, comando DISPLAY.

Práctica 9 y Práctica 10. Esta práctica modela las oficinas de una institución de educación superior informal en la época de matrículas. La práctica permite utilizar conjuntamente todos los conceptos de modelaje introducidos en las prácticas anteriores, además de introducir conceptos nuevos como: importar gráficos (importar los planos del edificio elaborados con Autocad), tiempos de parada por reloj (downtimes/Clock); ciclos de llegada (arrival cycle);y los comandos BACKUP y USE.

Práctica 11. Esta práctica introduce aspectos estadísticos relacionados con el experimento de simulación. En particular se ilustra la forma de estimar la cantidad de tiempo necesaria para el calentamiento de un sistema (tiempo para llegar al estado estable). Se utiliza adicionalmente al ProModel el software SimRunner, que implementa la técnica de promedios móviles y los gráficos de Welch.

Práctica 12. Esta práctica continúa tratando con otros importantes aspectos estadísticos relacionados con el experimento de simulación. En particular compara dos técnicas para estimar un parámetro: a) correr varias replicaciones del modelo vs. b) usar intervalos de loteo. Además discute los problemas de autocorrelación relacionados con el tamaño del intervalo de lote (batch interval length). Se hace uso de Excell y del software Stat::Fit, para probar la normalidad e independencia de las observaciones obtenidas de cada intervalo de loteo.

Práctica 13. En esta práctica se pretende familiarizar al estudiante con el uso del software "Stat::Fit" para facilitar el análisis de los datos de entrada, ajuste de un conjunto de datos a una distribución de probabilidad estandar conocida y en general procesamiento de los datos de salidas de los modelos de simulación.

Práctica 14. Esta práctica corresponde a un Modelo tipo “push”. Permite que el estudiante se sintonice en la práctica con los conceptos de inventarios críticos, cuellos de botella y throughput.

Práctica 15. Esta práctica modela un sistema “push” que servirá de referencia para contrastarlo con un sistema de manejo de inventario tipo “pull”, el cual será introducido en la siguiente práctica #16.

Práctica 16. Este es básicamente el mismo sistema anterior pero manejando el inventario con un modelo tipo “pull”. Lo anterior permite comparar las características de operación entre un sistema “push” (como el de la práctica #15) y un sistema “pull”

TEORÍA DE DINÁMICA DE SISTEMAS-SIMULACIÓN CONTINUA

Introducción a la Dinámica de Sistemas.

- Generalidades (definiciones)
- Metodología sistémica

Lenguaje elemental para la descripción de sistemas (nodos, relaciones, dependencias (ejemplo del proceso de llenado de un vaso).

- Bucle de realimentación negativa
- Bucle de realimentación positiva
- Retrasos y sistemas complejos

De la estructura al comportamiento

- Génesis del comportamiento en un diagrama de influencias (ejemplo proceso de difusión de una infección en una población inicialmente sana)
- Modelado del proceso de difusión de una infección en una población inicialmente sana, usando el software StellaTM

PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN CONTINUA

TALLER I: PATRONES BÁSICO

CASO_1: MODELO LINEAL: Flujo constante en la entrada

CASO_2: MODELO LINEAL: Flujo Constante en la salida

CASO_3: MODELO EXPONENCIAL POSITIVO

CASO_4: MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO

CASO_5_a: MODELO CONVERGENTE a límite inferior

CASO_5_b: MODELO CONVERGENTE a límite superior

CASO_6: MODELO LOGÍSTICO- Estudio del caso de una epidemia Estudio de la epidemia

TALLER 2. MODELOS EXPONENCIALES

Talleres individuales según guía de prácticas

Taller 2.1. Modelo exponencial en medicina

Taller 2.2. Modelo exponencial en medicina, usando instrucción “Pulse (, ,)”.

Taller 2.3. Modelo exponencial en ecología.

Taller 2.4. Modelo exponencial en asuntos demográficos.

Taller 2.5. Modelo exponencial en medicina, comportamiento oscilatorio.

TALLER 3. MODELOS EN FINANZAS

Talleres individuales según guía de prácticas

La historia de una cuenta bancaria personal

Taller 3.1. Creando un primer modelo de dinero .

Taller 3.2. Colocando dinero en el banco.

Taller 3.3. Creando una cuenta de ahorros.

Taller 3.4. Creando un fondo escolar.

Taller 3.5. Tomando préstamos financieros

METODOLOGÍA

El curso es orientado por un profesor (a) que haya realizado investigación en el área. El desarrollo del curso se apoya en el uso de técnicas multimedia y la disponibilidad de la red de Internet, para consulta bibliográfica de profundización. El profesor programará ampliamente dentro del curso el uso de software específico para resolver problemas de aplicación y ejercicios en los temas estudiados.

La Maestría dispone de una sala de computadores destinada exclusivamente a la investigación y desarrollo de las prácticas propias de esta asignatura.

El curso da un especial énfasis al aspecto práctico mediante la modelación de diferentes sistemas de producción y de servicios y el análisis de sus resultados, soportado en una serie de prácticas de simulación usando un software específico para simular procesos de manufactura y de servicios. (ProModel TM).

Los talleres de Simulación continua se realizan utilizando el software Stella TM.

BIBLIOGRAFÍA

- NAYLOR, Thomas H. Joseph L. Balintfy, Donald S. Burdick y Kong Chu. Técnicas de Simulación en Computadoras. México. Limusa, 1982.
- BATEMAN, Robert, Charles HARRELL, y Otros. System Improvement Using Simulation. 1995. (Autores del paquete de Promodel).
- “Simulación”. Sheldon M. Ross. Prentice Hall, México, 1999.
- Goldratt, Eliyahu y Jeff cox, La Meta. The North River Press Publishing Corporation, segunda edición, 1999.
- “Simulación Métodos y Aplicaciones”. Rios, I. D.; Rios, I. S.; Jiménez, M. J. AlfaOmega Grupo Editor, S.a de C.v. 2000.
- “Simulación con ProModel- Casos de producción y logística”. Luis Ernesto Blanco Rivero, Iván Darío Fajardo Piedrahita. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Mayo de 2001.
- “Simulation using PROMODEL”. Harrell, Ghosh, Bowden. McGraw Hill, 2004
- “Modeling Dynamic System”s. (with Stella software) <http://www.hps-inc.com/> Diana M. Fisher USA, 2004
- “LABORATORIOS DE SIMULACIÓN DISCRETA”. Jose Adalberto Soto Mejia; Juan Fernando Lopez Rendon. Postergraph S.A. Pereira, Enero 2010. ISBN: 978-958-44-6516-0.

Libros varios de Investigación de Operaciones que tengan capítulos de simulación

- PRAWDA, Juan. Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. Vol. 2 Modelos Estocásticos. Editorial Limusa.
- K. DAVIS, Roscoe, Patrick G. McKeown. Modelos Cuantitativos para Administración. México. Iberoamérica, 1986. Cap. 14.
- Hillier, Frederick S., Gerald J. Leberman. Investigación de Operaciones, 6a edición, 1997.

Algunos libros con tratamiento matemático más depurado:

- Law, Averill and W. David Kelton, Simulation Modeling & Analysis, 3rd edition, New York, McGraw Hill, Inc, 2000.
- Banks, Jerry., John S. Carson., Barry L. Nelson., David M. Nicol, Discrete event System Simulation, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc., Third Edition, 2001.

Sitio web de interés

La “Winter Simulation Conference –WSC–”, sitio web con lo último en aplicaciones y teoría de la simulación. Los Proceedings de la WSC están disponibles on line en:

- <http://www.informs-cs.org/wscpapers.html>
- <http://www.wintersim.org>
- <http://informs-sim.org>