

RESUMEN DE SIMULACIÓN

Simulation Made Easy – Charles Farrel, EMP, Nueva York, 1995 (IEE)

Capítulo 1 Una nueva solución a un nuevo reto

1. ¿Por qué se ha incrementado la popularidad de los métodos de simulación? Muchos factores han contribuido al incremento en el uso de la simulación, entre los que se encuentran:

- ? Incremento en el conocimiento y comprensión de la tecnología
- ? Incremento de la disponibilidad, capacidad y facilidad de uso del software de simulación
- ? Incremento de la memoria de la computadora y velocidad del procesamiento (especialmente en el nivel de PC)
- ? Reduce los costos del hardware
- ? Aceptación extendida de las microcomputadoras en los negocios.

2. ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes de la simulación?

- ? Diseño de sistemas
- ? Manejo de sistemas
- ? Entrenamiento y educación
- ? Comunicaciones y ventas
- ? Relaciones públicas

3. ¿Cuáles son algunas desventajas de la simulación?

Aunque la simulación puede ser una herramienta útil y poderosa cuando se aplica correctamente, no es una panacea para todos los problemas relacionados con el sistema, ya que solo trata los aspectos operacionales del sistema y cómo es que se llevan a cabo las tareas; y es incapaz de tratar factores tecnológicos y humanos. Además la simulación también se limita a dar evaluaciones, más no soluciones y no es un sustituto de un análisis detallado.

4. ¿Cuándo se justifica económicamente la simulación?

La simulación ayuda a alcanzar importantes mejoras para el desempeño del sistema de servicio y manufactura en el menor tiempo posible. El costo y tiempo invertido en simular un sistema es minúsculo comparado con los grandes ahorros a largo plazo al tener sistemas bien diseñados, que operen de manera eficiente. El costo de la simulación usualmente se recupera dentro del primer o segundo proyecto. En muchas aplicaciones, los ahorros que conllevan la simulación, exceden por mucho el costo de la misma. La simulación durante la fase del diseño de un sistema resulta en ahorro de dinero, al identificar y eliminar problemas e ineficiencias que antes no se habían percatado. También se reducen los costos al eliminar factores de seguridad excesivos que se habían añadido al no conocer el desempeño. Aún cuando no se logren grandes ahorros o mejoras cada vez que se

construye un modelo, al menos inspira seguridad de que el diseño de un sistema en particular es capaz de alcanzar determinados objetivos de desempeño y minimizar el riesgo asociado con nuevos desempeños. A menudo, la simulación puede ayudar a lograr mejoras en la productividad sin la necesidad de grandes inversiones en nuevas tecnologías.

5. ¿Cuáles son algunas precauciones al usar la simulación?
- ? Al principio puede ser costosa en tiempo y dinero
 - ? Algunas veces se pueden buscar mejores soluciones y más fáciles
 - ? Los resultados pueden ser mal interpretados
 - ? Es posible que se ignoren factores tecnológicos y de índole humana
 - ? Los resultados pueden dar lugar a una excesiva confianza
 - ? Es difícil de verificar si los resultados son válidos

Capítulo 2. Análisis y diseño de sistemas

6. ¿Qué es un sistema?

Es un conjunto de elementos que funcionan de manera conjunta para lograr algún objetivo (Blanchard, 1991).

7. ¿Qué características tienen los elementos de un sistema en relación con la simulación (entidades, actividades, recursos, controles)?

Las entidades pueden tener características tales como: costo, forma, prioridad, status o condición. Las actividades tienen duración y a menudo incluyen el uso de recursos. Los recursos pueden tener características como: capacidad, velocidad, ciclo y confiabilidad. Los controles dirigen cómo, cuándo y dónde se desempeñan las actividades; también determinan que acción es tomada cuando ciertos eventos o condiciones ocurren.

8. ¿Cuáles son las métricas principales del desempeño de un sistema?

Tiempo del ciclo. La cantidad invertida o tiempo de servicio para el procesamiento de material o clientela.

Utilización del recurso. El porcentaje de tiempo que el equipo y el personal están siendo productivos.

Valor agregado de tiempo. La cantidad de tiempo que el material y los clientes gastan en una operación o en recibir el servicio.

Tiempo de espera. La cantidad de tiempo que el material y los clientes están en espera de las operaciones y los servicios.

Tasa de procesamiento. La cantidad invertida o la tasa de servicio para el material y los clientes.

Calidad. El porcentaje de partes producidas o clientes atendidos que alcanzan un conjunto de estándares definidos.

Costo. Los costos operativos del sistema.

Flexibilidad. La habilidad de un sistema para adaptarse a fluctuaciones en el volumen y la variedad.

9. ¿Cuáles son los pasos para optimizar un sistema?

La definición de objetivos y la prioridad de cada uno de ellos, la identificación de requerimientos, especificar una solución y entonces evaluar la efectividad de la solución para alcanzar todos los objetivos.

10. ¿Qué es un modelo y que características tiene?

Un modelo puede ser definido como una representación simplificada de las relaciones en un sistema. Puede incluir relaciones de causa y efecto, relaciones de flujo, y relaciones espaciales. El propósito de los modelos es entender, predecir, controlar y mejorar el comportamiento de un sistema. Las características de un buen modelo son:

- ? Incluye solo aquellos elementos que tienen que ver directamente con el problema que se está resolviendo.
- ? Es válido (representa de manera adecuada el sistema).
- ? Genera resultados que son sustanciosos y fáciles de entender.
- ? Es fácilmente modificado y expandido.
- ? Se crea rápidamente y a un bajo costo.
- ? Es creíble (los resultados son convincentes para el cliente).
- ? Es reutilizable.

11. ¿Qué características tienen los diferentes tipos de modelos (simbólicos, analíticos y simulación)?

Los modelos simbólicos consisten de símbolos gráficos, tales como rectángulos y flechas que se usan para representar secuencias de actividades y otras relaciones. Son fáciles y rápidos de desarrollar y son fáciles de entender por otros. Son útiles para conceptos y documentación generales, pero no generan un análisis cuantitativo y carecen de detalles operacionales. No tienen reglas estrictas. Un beneficio importante es que ayuda a poner atención en los procesos de un sistema. Las principales desventajas son:

- ? Tienden a carecer de detalles.
- ? No nos dan medidas cuantitativas del desempeño de un sistema, solo describen los elementos, actividades y relaciones
- ? No representan las dinámicas del sistema.

Los modelos analíticos son fórmulas matemáticas que generan una solución cuantitativa para un determinado conjunto de problemas. Nos dan soluciones rápidas y algunos son capaces de dar soluciones óptimas con un margen bajo de error. Son generalmente estáticos, prescriptivos, determinísticos o probabilísticos. Sus principales desventajas son:

- ? A menudo se requiere que las suposiciones se simplifiquen para que entren en el modelo.
- ? Son incapaces de considerar el comportamiento aleatorio que se exhibe en la mayoría de los sistemas.
- ? Conforme los sistemas se vuelven más complejos, las soluciones también.
- ? Son incapaces de resolver problemas de gran complejidad.

Los modelos de simulación capturan las relaciones de causa y efecto de un sistema en una computadora, siendo capaz el modelo de generar el mismo comportamiento que ocurriría en el sistema. La simulación produce un registro actual histórico y una sumatoria estadística de todas las actividades que toman lugar en el modelo durante un tiempo determinado. Los resultados obtenidos al correr la simulación generan medidas cuantitativas del desempeño del sistema, tales como la utilización del recurso y los tiempos del ciclo. Como herramienta experimental, la simulación se usa para examinar la efectividad de un diseño en particular. Ayuda a evaluar una solución y nos da ideas sobre algunos problemas. La simulación es cuantitativa y mide la utilización del recurso y los tiempos de espera. A diferencia de los modelos analíticos y simbólicos, toma en cuenta las fluctuaciones estadísticas e interdependencias más complejas. Sus principales desventajas son:

- ? Pueden ser difíciles de construir.
- ? Son más descriptivos que prescriptivos.

Capítulo 3. Conceptos básicos de Simulación

12. ¿Qué es Simulación?

Es una actividad donde uno puede sacar conclusiones acerca del comportamiento de un sistema dado, al estudiar el comportamiento en un modelo correspondiente, cuyas relaciones de causa y efecto son las mismas (ó similares) a las del original (Gottfried, 1984)

13. ¿Qué características tiene la simulación de eventos discretos?

Los productos de esta simulación son usados para modelar sistemas que cambian de estado en puntos discretos a través del tiempo, como resultado de eventos específicos. La mayoría de los sistemas de manufactura y de servicio son de este tipo. Las variables de estado son referidas como variables de cambios discretos. .

14. ¿Qué características tiene la simulación continua?

Es usado para modelar sistemas cuyo estado cambia continuamente con respecto al tiempo. Se usan ecuaciones diferenciales para calcular el cambio en una variable de estado a través del tiempo. Estas ecuaciones generalmente se resuelven con pequeños incrementos de tiempo para determinar los valores actuales de las variables de estado hasta que se alcanza el umbral y se inicia otra acción.

15. ¿Cuál es la diferencia entre simulación estocástica y determinística?

La simulación estocástica se basa en modelos que tienen una ó más variables que son aleatorias por naturaleza, en cambio la simulación determinística no tiene componentes que sean aleatorios. En un modelo estocástico se producen resultados que son aleatorios y que solo son una estimación del verdadero comportamiento del modelo; en un modelo determinístico el comportamiento del modelo es determinado una vez que los datos de entrada se han definido; las acciones en un modelo determinístico son siempre las mismas y siempre dan los mismos resultados. En los modelos estocásticos, se deben hacer muchos

muestreos y entonces el promedio de éstos nos da solo una estimación de cómo debe esperarse el desempeño del modelo; en los modelos determinísticos, el resultado de una sola simulación es una medida exacta del desempeño del modelo.

16. ¿Cómo ha evolucionado el software de simulación?

El software de simulación fue usado por primera vez en la industria aeroespacial en los 50's. En los 60's se empezó a aplicar a los sistemas industriales, aunque los modelos en ocasiones eran toscos. Los primeros modelos de simulación eran desarrollados principalmente usando lenguajes de programación como FORTRAN. Conforme creció el interés en la simulación, se desarrollaron muchos lenguajes de simulación (GPSS, SIMSCRIPT, SIMAN, SLAM, etc.) para modelar una clase de sistemas conocidos como "sistemas de cola". Estos lenguajes generaban características para definir entidades básicas procesadoras del tiempo, uso de los recursos y situaciones de espera. Durante los 80's la simulación se dispersó a otras industrias y aparecieron otros productos específicos (AutoMod, ProModel, WITNESS) que incorporaban características de un sector industrial. Debido a que muchos de estos productos se manejaban con datos y carecían de capacidades de programación, eran referidos más como simuladores, que como lenguajes. En la actualidad, muchos de los productos tienen una capacidad para programar completa y la facilidad de uso de un simulador; además los productos de simulación se están haciendo más adaptables y fáciles de usar, ya que están orientados hacia ciertos productos o industrias de servicios específicos, y se usa la terminología específica. También los productos se expanden para facilitar la simulación en conjunto, incluyendo:

- ? Rutinas de distribución para los datos entrantes
- ? Entradas gráficas para los componentes del modelo
- ? Cuadros de diálogo para guía de las entradas
- ? Ayuda en línea y tutoriales
- ? "Debugging" interactivo
- ? Chequeo lógico para completar
- ? Desarrollo automatizado del modelo
- ? Módulos de diseño experimental para determinadas metas
- ? Análisis estadístico completo de los resultados

Otra tendencia en la simulación ha sido la simulación interactiva visual, en la que el usuario del modelo participa activamente en la simulación. Se pueden tomar decisiones mientras se esta corriendo la simulación.

17. ¿Cuáles son los principales módulos procesadores incluidos en el software de simulación?

Módulo de interfase del modelado, módulo de procesamiento del modelado, módulo de interfase de la simulación y módulo de interfase de los resultados.

18. Describir como funciona una simulación de eventos discretos.

La simulación de eventos discretos se basa en trasladar los datos del modelo a relaciones de causa y efecto, determinado así cuando es que el siguiente evento

de simulación sucede para que se procese lógicamente y otros eventos continúen. Los eventos de simulación pueden ser disparados por una condición y transcurrir por un tiempo o mientras se desencadenan otros eventos. Los típicos eventos de simulación pueden ser:

- ? La llegada de una entidad a una estación de trabajo
- ? Falta de un recurso
- ? Una actividad completada
- ? Fin de un turno

La simulación funciona en esencia al programar los eventos iniciales de manera cronológica. Entonces el reloj se actualiza al primer evento en la lista y la lógica asociada con ese evento se procesa. El procesamiento de un evento consiste en actualizar las variables de estado afectadas en el sistema, coleccionar estadísticas asociadas y si una animación está incluida, actualizar la imagen de la pantalla. Cualquier consecuencia ó eventos programados se colocan en la lista de eventos. Así mismo, debe haber eventos consecuentes condicionales resultado del procesamiento del evento que se puso en las apropiadas listas de espera. Después de que un evento programado se ha procesado, cualquier evento condicionado cuya condición ha sido satisfecha también se procesa. Cuando no hay más eventos condicionales que procesar, el reloj avanza hacia el siguiente evento programado. Cuando se finalizan los eventos de la simulación, se generan reportes estadísticos.

Capítulo 4. Iniciándose en la simulación

19. ¿Qué pasos se siguen en la implementación de un proyecto de tecnología de simulación?

1. Conseguir a un campeón de la simulación
2. Determinar las necesidades de la simulación
3. Considerar tecnología de simulación de actualidad
4. Evaluar y seleccionar el software de simulación
5. Conseguir el hardware y cualquier software adicional
6. Llevar a cabo un proyecto piloto

20. ¿Qué consideraciones deben tomarse en cuenta para evaluar un software de simulación comercial?

- ? Facilidad de uso
- ? Estructuraciones del modelado
- ? Flexibilidad del modelado
- ? Gráficas y animación
- ? Interfases externas
- ? Capacidades estadísticas
- ? Requerimientos del hardware
- ? Documentación
- ? Costo
- ? Calidad del soporte
- ? Entrenamiento

- ? Servicios del modelado
- ? Mejoramientos y expansiones
- ? Otros servicios

Capítulo 5. Pasos para realizar un estudio de simulación (resumen)

21. ¿Cuáles son los pasos principales para realizar un estudio de simulación?

- ? Establecer los objetivos y las restricciones
- ? Reunir, analizar y validar los datos del sistema
- ? Construir un modelo preciso y útil
- ? Conducir experimentos de simulación
- ? Documentar y presentar los resultados

22. ¿Cómo se identifican los objetivos y las restricciones en un estudio de simulación?

Haciéndose las siguientes preguntas:

- ? ¿Cuál es el propósito de la simulación?
- ? ¿Para quién es el modelo en términos de quien será el usuario principal de los resultados de la simulación (el cliente)?
- ? ¿Qué tan importantes son las decisiones que se harán como resultado del modelo de simulación?
- ? ¿Cuáles son las expectativas del cliente?
- ? ¿Cuál es el presupuesto?
- ? ¿Cuál es la fecha límite?

23. ¿Qué guías se recomiendan para la colección y análisis de datos en los modelos de simulación?

- ? Identificar los requerimientos de los datos
- ? Utilizar aproximaciones sistemáticas para la colección de datos
- ? Utilizar fuentes adecuadas
- ? Preparar una lista de suposiciones
- ? Transformar los datos en una forma útil
- ? Documentar, revisar y aprobar los datos

24. ¿Qué consideraciones se deben tomar en cuenta para obtener un modelo exacto y útil con un nivel adecuado de fidelidad?

Mientras que al empezar a formar un modelo de manera muy temprana puede ser una pérdida de tiempo, esperar hasta que toda la información este completamente reunida y validada puede posponer innecesariamente la construcción del modelo. Tener el modelo empezado antes de que los datos estén completamente reunidos puede ayudar a identificar información que se necesita para seguir adelante. Un modelo útil es aquél que tiene suficientes detalles y exactitud para alcanzar los objetivos de la simulación. Para altos niveles de fidelidad del modelo se necesita invertir más tiempo en el desarrollo,

“debugging” y en los ensayos. Por esta razón es mejor solo alcanzar los niveles mínimos de fidelidad para alcanzar los objetivos del estudio.

Para estudios en los que se consideran cambios de procesos o tecnológicos a un sistema ya existente, puede ser útil hacer un modelo del sistema actual, así como del sistema que se propone. La premisa básica es que no se puede estar listo para mejorar un sistema hasta que no se entienda como está operando el actual sistema.

Otras consideraciones son: tiempo de vida del modelo, división del modelo en secciones que operen independientemente, refinación del modelo, verificación del modelo y validación del modelo.

25. ¿Qué tipos de experimentos se pueden realizar utilizando los métodos de simulación?

- ? Encontrar el desempeño esperado de un diseño particular del sistema
- ? Encontrar el valor óptimo para una variable de decisión en particular
- ? Encontrar la combinación óptima de valores para dos o más variables de decisión
- ? Determinar la sensibilidad del modelo a cambios en una ó más variables
- ? Comparar configuraciones alternativas del sistema

26. ¿A que problemas se enfrenta un modelador cuando realiza experimentos con simulación?

- ? ¿Estoy interesado en el comportamiento total del sistema o hay un periodo en específico de interés?
- ? ¿Cuál es la mejor forma para asegurar que los resultados reflejen solo el periodo de tiempo de interés, sin que haya influencia de otras condiciones tales como las condiciones iniciales?
- ? ¿Cuál es el mejor método para obtener observaciones de muestra que pueden ser usadas para estimar el verdadero comportamiento que se espera del modelo?
- ? ¿Cuál es la apropiada duración de los ensayos de la simulación?
- ? ¿Cuántas réplicas deben hacerse de los ensayos?
- ? ¿Cuántas corridas aleatorias deben usarse?
- ? ¿Cómo se deben controlar los valores iniciales de una replicación a otra?

27. ¿Qué aspectos se deben considerar al presentar los reportes de simulación?

Las recomendaciones deben ser sustentadas y claramente presentadas, para que una decisión pueda ser tomada. Se deben incluir la documentación de los datos usados, el desarrollo del modelo y los experimentos desarrollados como parte final del reporte.

Los resultados deben presentarse de manera que sean fáciles de evaluar. Al reducir los resultados a factores económicos se puede convencer para realizar un cambio al sistema.

Al presentar los resultados es importante ser político y cortés al impacto potencial de las decisiones influenciadas por los resultados. Es importante saber si las recomendaciones deben ser amplias o si se necesita solo un simple resumen de los resultados. Es acertado presentar soluciones alternativas y sus implicaciones para el mejoramiento del sistema sin preferir una alternativa sobre otra, particularmente cuando se involucran cambios de personal o recortes.

28. ¿Cuáles son algunas desventajas de la simulación?

- ? Fracasar al determinar claramente los objetivos al comienzo
- ? Fracasar al involucrar individuos afectados por los resultados
- ? Asumir que la simulación por si misma va a resolver el problema
- ? Incluir más detalles de los necesarios
- ? Incluir variables que tienen nulo o poco impacto en el comportamiento del sistema
- ? Esperar hasta que estén disponibles los datos completos antes de empezar el modelo
- ? Basar los modelos en asunciones o suposiciones erróneas
- ? Asumir que los resultados son válidos solo porque vinieron de una computadora
- ? Basar las decisiones en un solo ensayo sin hacer réplicas múltiples
- ? Basar las decisiones en el promedio de estadísticas cuando los resultados son de hecho cíclicos
- ? Excederse del presupuesto y del tiempo fijado
- ? Ser muy técnico y detallado al tratar vender la simulación

Capítulo 6. Construcción de modelos

29. ¿Cuáles son algunos de los elementos de sistemas utilizados en la simulación?

- ? Entidades
- ? Recursos
- ? Movimiento de entidades y recursos
- ? Rutas de entidades
- ? Procesos de las entidades
- ? Llegadas de las entidades
- ? Horarios de la disponibilidad de los recursos
- ? Organización de los recursos
- ? Reparación y bajas de los recursos
- ? Lógica para las decisiones especiales

30. ¿Qué son las entidades del modelo?

Las entidades del modelo son los objetos procesados a través del sistema (las entradas y salidas del sistema). Las entidades en un sistema pueden ser de diferentes tipos y tener diferentes características como velocidad, tamaño, condición, etc.

31. ¿Cuáles son los diferentes tipos de recursos del modelo?

- ? Recursos de locación de la ruta
- ? Recursos de uso general
- ? Recursos consumibles
- ? Recursos de material manejable

32. ¿Cuáles son algunas guías para modelar movimiento de entidades dentro de los modelos?

Para movimientos en donde no se usan recursos, las siguientes guías son recomendadas:

- ? Si el tiempo de movimiento es insignificante comparado con el tiempo de actividad, o si el retraso en el movimiento no interrumpe el procesamiento, debe ser ignorado
- ? Si los tiempos de movimiento son significativos y las entidades nunca encuentran tráfico y el número de movimientos diferentes en el sistema es relativamente bajo (menos de diez), un simple tiempo de movimiento es suficiente para definir el movimiento
- ? Si hay tráfico significativo ó el número de diferentes movimientos en el sistema es relativamente grande (más de diez), una ruta debe ser definida

Para movimientos en los que se está usando en el sistema un recurso o material manejable, se aplican las siguientes guías:

- ? Si el tiempo de movimiento es insignificante comparado con los tiempos de actividad y el recurso está siempre disponible, o si el movimiento no interrumpe el procesamiento, se ignora el tiempo de movimiento
- ? Si los tiempos de movimiento son significativos y los recursos están inmediatamente accesibles cuando están disponibles y los recursos nunca encuentran tráfico pesado, una simple captura del recurso para el tiempo de movimiento designado es suficiente para definir el movimiento
- ? Si el recurso no está inmediatamente accesible cuando está disponible o si el tráfico pesado puede afectar significativamente los tiempos de viaje, la ruta actual del movimiento del recurso o el manejo del sistema de material manejable debe ser modelado.

33. ¿Cómo se define la ruta de las entidades dentro del modelo?

La siguiente información es usualmente necesaria para definir la ruta de las entidades:

- ? La salida de la entidad o entidades que resultan del proceso
- ? Una lista de las posibles localidades de la ruta

- ? Las reglas para los criterios usados para seleccionar la siguiente localidad
- ? La prioridad para acceder a la siguiente localidad

34. ¿Cuáles son algunas de las reglas para seleccionar la siguiente localidad a la que se moverán las entidades?

- ? Probabilística. Las entidades se enrutan a una localidad en particular un cierto porcentaje de veces
- ? Determinística. Las entidades siempre van a la localidad(es) especificada
- ? La primera disponible. Las entidades van a la localidad que este primero disponible en la lista
- ? En turno. Las entidades van a las localidades disponibles en turno o de manera rotativa
- ? La mayor capacidad disponible. Las entidades seleccionan a través de una lista de localidades basándose en cuál de ellas tiene la mayor capacidad disponible.
- ? Hasta que se llene. Las entidades van a una localidad sencilla hasta que se llena y entonces se van a otra localidad hasta que esta también se llena y van a otra.
- ? La menor capacidad disponible. Las entidades seleccionan a través de una lista de localidades basándose en cuál de ellas tiene la menor capacidad disponible
- ? Aleatoria. Las entidades escogen de manera aleatoria de una lista de localidades.
- ? Condiciones del usuario. Las entidades escogen a través de una lista de localidades basándose en una condición o decisión lógica definida por el usuario.

35. ¿De que formas se pueden combinar los servidores o procesadores de entidades para crear nuevas entidades de proceso?

Dependiendo en la forma en que las entidades se combinan, una actividad puede ser definida como:

- ? Unir o consolidar dos ó mas entidades en una nueva entidad de salida
- ? Agrupar dos ó más entidades en una entidad agrupada
- ? Unir permanentemente dos ó mas entidades a otra entidad
- ? Colocar temporalmente uno ó mas entidades en otra entidad

36. ¿Cómo se define la llegada de entidades a un sistema?

La llegada de entidades a un sistema son usualmente definidas basándose en la siguiente información:

- ? Tipo de entidad
- ? Ruta de la localidad a donde llega
- ? Cantidad de entidades incluidas en cada llegada
- ? Número de llegadas

? Frecuencia o patrón de llegadas

37. ¿De qué formas ocurre la llegada de entidades al sistema?

- ? Fijando la hora. Siguen un horario
- ? Periódica. Ellos llegan en intervalos periódicos
- ? Cíclico. Se da de acuerdo con algún patrón cíclico
- ? Internamente iniciado. Se disparan por algún evento

38. ¿Qué aspectos se consideran para modelar la disponibilidad de recursos servidores?

- ? Los periodos de tiempo en que el recurso está disponible
- ? La regla que especifique si las actividades actuales deben ser completadas o interrumpidas
- ? Cualquier lógica asociada con el comienzo o fin del periodo de disponibilidad

39. ¿Qué aspectos se consideran para modelar los tiempos muertos de un servidor o procesador de entidades?

- ? Nombre del recurso
- ? Bases para extenderse (tiempo transcurrido, tiempo en uso, número de veces usado)
- ? Frecuencia de los tiempos muertos usando las bases para extenderse como parámetro
- ? El tiempo y cualquier recurso que se requiera para realizar reparaciones

40. ¿Qué aspectos se consideran para modelar decisiones lógicas especiales?

La mayoría de los productos de simulación proveen variables y elementos de datos de atributo para llevar información y realizar decisiones. Estos elementos de dato son nombres simbólicos que representan un valor o quizás algún texto.

Los atributos actuales definidos dependen de la información requerida para completar los propósitos de la simulación. Un modelo simple no forzosamente tiene que incluir atributos.

Generalmente, los productos de simulación proveen todos los elementos de dato que se necesitan y las capacidades lógicas para definir la mayoría de los sistemas. Sin embargo, ocasionalmente podría ser más conveniente acceder a los datos o a las subrutinas de manera externa al modelo.

Capítulo 7. Análisis de los resultados

41. ¿Cuáles son los diferentes tipos de reportes utilizados para presentar los datos de las simulaciones?

- ? Resúmenes de ensayos simples
- ? Historias detalladas
- ? Reportes instantáneos
- ? Resúmenes de replicaciones múltiples

? Comparaciones de escenarios múltiples

42. ¿Qué tipo de información es observacional?

La información observacional reporta el número de veces de un incidente y tiene las siguientes características:

- ? Las observaciones son recuentos de los sucesos
- ? Las observaciones tiene la misma ponderación
- ? El resumen estadístico es el número de observaciones en un período de tiempo

Un ejemplo de información observacional sería el número de entidades promedio que se procesan por hora en el sistema. Otro ejemplo es el promedio de tiempo que las entidades se encuentran en el sistema.

43. ¿Qué tipo de información es ponderada en el tiempo?

La información ponderada en el tiempo reporta el valor de una variable de respuesta con respecto al tiempo, y tiene las siguientes características:

- ? Los valores persisten a través del tiempo
- ? Durante la simulación, los siguientes valores se mantienen: el valor actual de una variable, el tiempo del último cambio del valor; el valor en tiempo acumulado del producto
- ? El resumen estadístico es el valor ponderado en el tiempo de la variable

44. Enunciar algunos ejemplos de información estadística general y detallada resultado de las simulaciones

Información estadística general:

- ? Número de entidades, por tipo, que entran a cada localidad
- ? Número total de entidades, por tipo, que salen del sistema
- ? Número total de entidades que entran a cada cola
- ? Tiempo promedio por entrada
- ? Número total de entidades que entran a cada estación de trabajo
- ? Porcentaje de tiempo muerto en las estaciones de trabajo
- ? Tiempo promedio que se usan los recursos
- ? Porcentaje de utilización de los recursos
- ? Valor mínimo de variables y atributos
- ? Valor máximo de variables y atributos

Información estadística detallada:

- ? Tiempo que cada entidad utiliza en cada una de las localidades
- ? Tiempo que cada entidad utiliza en el sistema
- ? Capacidad de la cola a través del tiempo
- ? Histograma de tiempos de espera en la cola
- ? Capacidad de las estaciones de trabajo a través del tiempo
- ? Tiempo que cada entidad utiliza en la estación de trabajo
- ? Cantidad de recursos en uso a través del tiempo
- ? Utilización del recurso por unidad

- ? Cambios de valor de las variables y atributos en el tiempo
- ? Histogramas de valor de variables y atributos

45. ¿Qué tipos de simulaciones hay en relación con la consistencia de sus resultados?

Simulación estocástica y simulación determinística.

Simulación concluida o simulación no concluida (de estado fijo). La diferencia entre las dos tiene que ver en que si hay una forma obvia de determinar la duración de la simulación. Diferentes parámetros de interés también son asociados cuando la simulación es concluida o no concluida.

Una simulación concluida es aquella para la cual el sistema tiene un evento natural y obvio que determina cuando es que la simulación debe terminar. Un evento natural puede ser la finalización de una serie de trabajos o el cierre de un negocio al final del día.

Una simulación no concluida o de estado fijo es aquella para la cual no hay un evento natural u obvio o punto en el tiempo para que se finalice la simulación. No significa que la simulación nunca termina o que el sistema que esta siendo simulado no tiene una terminación eventual. Solo quiere decir que la simulación puede de manera teórica seguir de manera indefinida sin afectar los resultados. Para este tipo de simulación el modelador debe determinar una duración de tiempo adecuada para probar el modelo.

Capítulo 8 y 9. Modelando sistemas de manufactura (resumen)

46. ¿Qué preguntas se deben contestar cuando se quiere simular un sistema de manufactura?

Para tomar decisiones en el diseño del sistema:

- ? ¿Qué tipo y cantidad de máquinas o estaciones de trabajo se deben usar?
- ? ¿Qué tipo y cantidad de equipo auxiliar y operadores se necesitan?
- ? ¿Qué tantas herramientas y equipo de reparación es requerido?
- ? ¿Cuál es la capacidad de producción de un sistema dado?
- ? ¿Cuál es el tamaño y número óptimo de las áreas de almacenaje?
- ? ¿Cuál es la mejor distribución de las estaciones de trabajo?
- ? ¿Cuál es la lógica de control más efectiva?
- ? ¿Cuál es el tamaño óptimo de las unidades de descarga?
- ? ¿Qué tan efectivamente están siendo utilizados los recursos?
- ? ¿Qué efecto puede tener un proceso o un cambio en el método en la producción total?
- ? ¿Qué tan balanceado está el flujo de trabajo?
- ? ¿Dónde se localizan los cuellos de botella?
- ? ¿Cuántas reparaciones personales se necesitan?
- ? ¿Cuál es el efecto total de automatizar una operación?

Para tomar decisiones en cuanto al manejo del sistema:

- ? ¿Cuál es la mejor forma para organizar el mantenimiento preventivo?

- ? ¿Cuántos cambios se requieren para alcanzar los requerimientos de la producción?
- ? ¿Cuál es el tamaño óptimo de la cantidad de producción?
- ? ¿Cuál es la secuencia óptima para producir una serie de trabajos?
- ? ¿Cuál es la mejor forma para asignar los recursos para una serie particular de tareas?
- ? ¿Cuál es el efecto de una política de mantenimiento preventivo comparándolo con una política de mantenimiento correctivo?

47. ¿Qué beneficios produce la simulación de procesos de manufactura?

- ? Manejo de elementos. Los beneficios de usar el simulador por si mismo para manejar el sistema son: que la lógica usada en el simulador no necesita ser memorizada por el controlador, las capacidades de animación permiten que los procesos sean gráficamente monitoreados y la reunión de capacidades estadísticas de la simulación provee de manera automática de estadísticas de los parámetros de desempeño seleccionados.
- ? Secuenciación del trabajo. La meta debe ser minimizar la tardanza o maximizar la utilización.
- ? Carga de trabajo. Determina como es que los recursos serán utilizados para implementar un horario en particular. Es la capacidad de planear el horario para asegurar que se tiene la suficiente capacidad para producir la cantidad deseada.
- ? Horario de la producción. Determina el comienzo y final para que los trabajos se hagan y es el resultado de decisiones secuenciales. Estas decisiones determina dinámicamente el orden en que los trabajos se llevan a cabo en una máquina en particular.
- ? Estudios de cambio de proceso. Evalúan el impacto potencial de un cambio en la producción total antes de recomendar el cambio.
- ? Configuración del sistema. Decidir que recursos y tecnologías se van a usar, y cuántos recursos se necesitan para generar la capacidad requerida.
- ? Valoración de tecnología. Agregar nuevas tecnologías que pueden ser benéficas en el futuro. La simulación puede ser utilizada para valorar la viabilidad de nuevas tecnologías antes de hacer uso de capital y recursos colectivos.

48. ¿Qué se entiende por emulación en la manufactura?

Es un uso especial de la simulación en la manufactura, particularmente en el hardware de los sistemas automatizados. Como emulador, la simulación toma entradas del actual sistema de control (controladores programables, microcomputadoras, etc.), imita el comportamiento que tomaría lugar en el sistema actual, y entonces provee de señales de retroalimentación al sistema de control. Esencialmente, el sistema de control se conecta al modelo en lugar del sistema actual. En este sentido, la simulación es usada para examinar y refinar el sistema de control actual antes de que cualquier hardware sea instalado. Esto ha ayudado

a reducir significativamente el tiempo para incorporar nuevos sistemas e implementar cambios para la automatización

49. Describir algunos de los indicadores de desempeño de efectividad y eficiencia en los sistemas de manufactura.

Costo. Incluye tanto el costo de inversión como el de operación.

Capacidad de producción. Es la máxima tasa posible de producción (partes por hora) que puede ser alcanzada por un sistema.

Tiempo de manufactura. Es la suma de: estructura o tiempo de cambio, tiempo de procesado, tiempo de inspección, tiempo de movimiento, tiempo de espera o en cola.

Tiempo de espera o en cola: El tiempo que las partes están en espera para pasar a la siguiente localidad.

Gasto. Se refiere a cualquier cosa que incluya un costo, aunque no le de un valor agregado al producto.

Jornada. El tiempo para procesar un conjunto dado de trabajos.

WIP. El WIP ó trabajo en proceso define el nivel de los inventarios en proceso que pueden variar de un lugar a otro y de tiempo en tiempo.

Utilización. Es el porcentaje de tiempo que un recurso está en uso productivo como porcentaje del total de tiempo planeado.

Flexibilidad. Es la habilidad de manejar variaciones en la producción.

50. ¿Qué consideraciones se deben tomar en cuenta para modelar sistemas de manufactura?

En contraposición con los sistemas de servicio, en donde las entidades son a menudo humanos, las entidades en los sistemas de manufactura son objetos inanimados. La producción de la entidad es frecuentemente desempeñada de acuerdo a horarios para alcanzar metas determinadas. Los sistemas de manufactura utilizan grados de variación de la mecanización y automatización, tanto en el procesamiento de las entidades, como en el movimiento del material. Éstas características tienen las siguientes implicaciones para modelar sistemas de manufactura:

- ? A menudo los tiempos de operación tiene poca o nula variación
- ? Las entidades son introducidas al sistema en tiempos o condiciones establecidas
- ? La ruta de las entidades es usualmente establecida desde el principio
- ? Las entidades son a menudo procesadas en serie
- ? La fiabilidad del equipo es a menudo un factor clave
- ? El manejo del material es a menudo una parte importante del modelo
- ? Los sistemas con frecuencia exhiben un comportamiento de estado fijo

51. ¿Cuáles son algunas de las principales decisiones que se toman en relación con los sistemas de manufactura y cuál es su impacto en el desempeño?

Decisiones de distribución. Afectan el flujo del producto y lo hacen más accesible. Una buena distribución resulta en un flujo dinámico con un mínimo movimiento y entonces minimiza el manejo del material y los costos de almacenaje. La simulación ayuda a identificar patrones de flujo innecesario y crea mejores distribuciones para economizar el flujo del material.

Decisiones de automatización. La simulación ha sido especialmente útil en el diseño de sistemas automatizados que salvaguarden contra el desempeño subóptimo. Frecuentemente el diseño desbalanceado sucede cuando el desempeño total es pasado por alto a causa de preocuparse solo por un elemento. El mejor acceso para la automatización es primero simplificar, después sistematizar y por último automatizar.

Decisiones de lote. Para decidir que tamaño se debe usar para cada lote en particular uno se basa en aspectos económicos entre los costos de inventarios los procesos de entrada y los costos de factores que se podrían reducir al mantener grande el tamaño del lote (costos de organización, costos de manejo, costos de procesamiento, etc.)

Decisiones de control de producción. Determina cuándo y en que cantidades las partes se procesan en estaciones de trabajo individuales. Controla el flujo del material.

Decisiones de control del inventario. Las metas del control de inventario son: mantener suficiente inventario a la mano, para que la escasez no ocurra, ordenar suficiente inventario cada vez para que los costos asociados con los pedidos frecuentes se eliminen, minimizar los costos de llevar a cabo el inventario asociados cuando se mantienen inventarios innecesarios. Las decisiones que afectan los niveles de inventariado y costos incluyen: cuanto inventario se debe pedir cuando se reabastece el inventario, a que punto se debe hacer un nuevo pedido, cuanto material almacenado se desea tener a la mano.

Decisiones de recurso. Además del costo y las consideraciones de la capacidad de los procesos, los siguientes factores deben tomarse en cuenta: el tiempo del ciclo, la capacidad, la flexibilidad, la viabilidad, y la consistencia.

Decisiones de planeación de la capacidad. Involucran las siguientes preguntas: ¿A que trabajos debe ser asignado un recurso?, ¿Cuántos recursos deben usarse?, ¿Cuánto tiempo debe planearse para cada recurso?

Decisiones de planificación de la producción. Al utilizar la simulación para la planificación de la producción, se usan periodos más cortos, y por lo tanto hay menos preocupación en cuanto a fluctuaciones estadísticas a largo plazo en el sistema, tales como los tiempos muertos de la maquinaria.

52. ¿Qué es, cómo se modela y cual es el procedimiento para simular un sistema de manufactura de producción en lotes?

Un sistema de manufactura de producción en lotes utiliza una distribución del producto en donde la secuencia de las estaciones de trabajo es visitada por los lotes de diferentes productos con la misma secuencia. Todo el flujo es

básicamente unidireccional siguiendo la misma ruta a través de las facilidades de manufactura en una línea de producción.

Se compone de una ó más líneas de producción que soportan un flujo en serie de las partes.

Para explicar cómo se modela se tiene el siguiente cuadro:

Elemento del sistema	Representación del modelo
Partes	Son las entidades en el modelo
Estaciones de trabajo	Se representan por la ruta hacia las localidades en el modelo
Amortiguadores	Se modelan como colas y afectan directamente la utilización del recurso y el balance del flujo
Operadores	Trabajan para cargar y descargar la maquinaria o mejorar el desempeño de las máquinas
Operaciones	Recibir, cortar, seriar, operaciones de lote, de maquinaria, ensamblaje, reexaminaciones, empaque, transborde
Material de manejo	Se puede ignorar
Ruteo	Son fáciles de definir en términos de la secuencia de la ruta

Procedimiento de la simulación. Debido a que la producción sucede en un ciclo definido, puede ser útil analizar los resultados que estén más allá del ciclo en lugar de o además del comportamiento del sistema completo. La simulación usualmente se basa en el tiempo, aunque puede basarse en el final de un ciclo de producción.

53. ¿Qué es, cómo se modela y cual es el procedimiento para simular un sistema de manufactura de producción en celdas?

En un sistema de manufactura de producción en celdas las maquinas son agrupadas en elementos de acuerdo a procesos comunes. Es un grupo de herramientas y equipo de material de manufactura que es manejado por una computadora supervisora. La tecnología de grupo es la base para el diseño de la producción en celdas. Las partes que tengan configuraciones similares (rotacional, prismática, etc.) o proceso similares (girar, moler, etc.) deben ser producidas por el mismo grupo de máquinas.

Para explicar como se modela se tiene el siguiente cuadro:

Elemento del sistema	Representación del modelo
Partes	Son las entidades en el modelo
Estaciones de trabajo	Son representadas por las rutas hacia las localidades en el modelo
Colas	Rara vez hay dado que el número de máquinas en una célula es pequeño y la meta es mantener un flujo estable
Operadores	Con frecuencia no hay operadores
Manejo del material	Si se usa un robot puede ser modelado como recurso

	de uso general. Si el manejo del material es manual, es fácilmente modelado usando un recurso
Ruteo	El ruteo de las partes dentro de una célula es generalmente muy sencillo
Reglas de secuenciación	Se modelan al especificar una regla de selección de entrada para cada localidad o al especificar una operación secuencial al comienzo cuando todas las partes pasen para determinar el orden de la producción

Procedimiento de la simulación: Se modela un conocido conjunto de trabajos y no se analiza un comportamiento de estado fijo. A veces es deseable predecir los cuellos de botella potenciales que puedan existir continuamente al modelar una mezcla estimada de los trabajos que se tienen que producir. Más que modelar un conjunto predeterminado de trabajos, se usan las probabilidades para saber de que tipo va ser el siguiente trabajo.

54.¿Qué es, cómo se modela y cual es el procedimiento para simular un sistema de manufactura de producción en líneas?

Consiste de líneas de producción y ensamblado y líneas de transferencia en donde los productos se mueven y son procesados individualmente y no en serie. La idea es alcanzar una línea dinámica y un flujo continuo del material que lleve a una producción máxima.

Para explicar como se modela se tiene el siguiente cuadro:

Elemento del sistema	Representación del modelo
Partes	Se representan como entidades
Estaciones de trabajo	Son las rutas hacia las localidades en el modelo
Amortiguadores	Sólo hay en líneas pasivas. Se modelan usando una localidad de cola o con capacidad múltiple
Procesos de las entidades	Son fácilmente definidos en términos del tiempo de operación
Operadores	Son usados con frecuencia sólo para cargar y descargar las máquinas o mejorar su desempeño
Manejo del material	Puede ser un factor crítico, especialmente si es un transportador el que restringe la cantidad de partes que pueden moverse entre dos localidades
Ruta	Es muy simple, las partes se mueven serialmente a través de las localidades

Procedimiento de la simulación: Es importante el comportamiento de estado fijo del sistema. Se debe determinar un periodo adecuado de activación seguido por un tiempo de ensayo extenso que produzca una muestra que sea representativa del estado fijo. Si la precisión es un factor importante, es necesario que se usen medios para obtener múltiples muestreos.

55. ¿Qué características tiene un proceso de flujo continuo?

Involucra la producción de substancias en masa o materiales tales como químicos, líquidos, plásticos, metales, textiles y papel. Se necesita definir un paso para que avance el reloj. Con un paso que dure menos tiempo, se obtiene mayor precisión, pero el modelo se desarrolla más lento por la frecuencia de los cálculos. Entre más se incrementa el tiempo, los resultados serán menos precisos, pero el modelo se desarrollará lentamente.

56. Describir algunas de las guías para modificar o diseñar sistemas de manejo de materiales.

- ? Principio de planeación. Planear todo el manejo del material y las actividades de almacenaje para obtener un máximo eficiencia en la operación total.
- ? Principio de sistema. Integrar tantas actividades de manejo, mientras sean prácticas, en un sistema coordinado de operaciones.
- ? Principio del flujo del material. Proveer de una secuencia de operación y disposición del equipo para optimizar el flujo de material
- ? Principio de simplificación. Simplificar el manejo al reducir, eliminar o combinar movimientos y/o equipo innecesario
- ? Principio de gravedad. Utilizar la gravedad para mover el material, siempre y cuando sea práctico.
- ? Principio de utilización del espacio. Hacer una utilización óptima de la construcción.
- ? Principio del tamaño de la unidad. Incremento de la cantidad, tamaño o peso de las cargas de unidad o la tasa de flujo
- ? Principio de mecanización. Mecanizar las operaciones de manejo
- ? Principio de automatización. Generar automatización que incluyan funciones de producción, manejo y almacenaje.
- ? Principio de selección de equipo. Al seleccionar el equipo de manejo, se consideran todos los aspectos del material que se está manejando, el movimiento y método que se deben usar
- ? Principio de estandarización. Estandariza métodos de manejo, así como tipos y tamaños de equipo de manejo
- ? Principio de adaptabilidad. Usa métodos y equipo que pueden mejorar el desempeño de una serie de tareas y aplicaciones donde equipos especiales no se justifican
- ? Principio de peso muerto. Reduce el radio de peso muerto o equipo de manejo móvil para llevar carga
- ? Principio de utilización. Planea para una utilización óptima del equipo de manejo y mano de obra.
- ? Principio de mantenimiento. Planea para el mantenimiento preventivo y programa reparaciones de todo el equipo de manejo

- ? Principio de obsolescencia. Reemplaza métodos de manejo y equipo obsoletos cuando haya métodos o equipo más eficientes que mejoren las operaciones.
- ? Principio de control. Usa actividades de manejo de material para mejorar el control del inventariado de la producción y los pedidos
- ? Principio de capacidad. Usa equipo de manejo para ayudar a alcanzar la capacidad de producción que se desea
- ? Principio de desempeño. Determina la efectividad del desempeño del manejo en términos de los gastos por unidad manejada.
- ? Principio de seguridad. Genera de métodos adecuados y equipo para el manejo seguro

57. ¿Cuáles son las diferentes categorías en que se clasifican los sistemas de manejo de materiales?

- ? Transportadores
- ? Vehículos industriales
- ? Sistemas automatizados de almacenaje y reparación
- ? Sistemas automatizados de vehículos guiados
- ? Grúas y montacargas
- ? Robots

58. ¿Cuáles son las principales características de las diferentes categorías de sistemas de manejo de materiales?

Transportadores. Es una pista, riel, cadena, cinturón, etc., que provee de continuo movimiento a cargas sobre un camino establecido. Son generalmente usados para mover grandes volúmenes de cortas a medianas distancias.

Vehículos industriales. Se incluyen todos los carros empujados o impulsados y vehículos que generalmente tienen libre movimiento. Vehículos impulsados tales como camiones de levantamiento son usualmente utilizados para mover a medianas distancias partes seriadas en un contenedor. Para movimientos cortos, carros manuales o semi-impulsados son útiles.

Sistemas automatizados de almacenaje y reparación. Es una combinación de equipo y controles que manejan, almacenan y reparan materiales con precisión, exactitud, y velocidad bajo un grado definido de automatización. La meta es generar almacenaje aleatorio de gran densidad con rápido acceso de carga, todo bajo control computarizado.

Sistemas automatizados de vehículos guiados. Es un camino controlado por computadora, en donde vehículos no conducidos transportan cargas. Son útiles para actividad a medias distancias. Si las partes son grandes, se mueven individualmente, de otra manera, las partes se colocan en un contenedor. Proveen de un camino flexible y definido para el movimiento y permite recoger y entregar entre uno de muchos puntos.

Grúas y montacargas. Las grúas son aparatos montados al piso, techo o paredes, generalmente usados para distancias cortas a medianas. Una grúa de puente consiste de una viga que sostiene una nave. Esta viga se mueve en dos carriles montados en cada una de las paredes. Una unidad retráctil viaja

por atrás y abajo del puente, por los carriles. Se debe encontrar el balance óptimo para que haya una respuesta adecuada a movimientos de alta prioridad al maximizar la utilización de la grúa.

Robots. Son manipuladores programables y multifuncionales usados para el manejo de material o para manipular herramientas tales como una máquina soldadora para procesar material. Se clasifican por el tipo de sistema coordinado en los que se basan. Los sistemas coordinados típicos son: Cilíndrico, cartesiano y revolutivo.

59. ¿Cuáles son algunas características de los transportadores o conveyors?

Las velocidades de los transportadores van de 20 a 80 pies por minuto con transportadores que pueden alcanzar hasta 500 pies por minuto en operaciones generales de mercadeo. Se clasifican de acuerdo a la función o naturaleza de su operación:

- ? Conveyer de transporte. Transporta cargas de un punto a otro.
- ? Transportador de clasificación. Tiene la capacidad de desviar cargas.
- ? Transportador de recirculación. Recircula las cargas, hasta que están listas para desviarse.
- ? Transportador de ramaje. Se caracteriza por una línea principal con ramas en donde las partes entran a la línea principal o se desvían de la línea principal.

60. ¿Cuáles son algunas características de los vehículos industriales?

Los transportadores de carga libre son capaces de mover solo una carga a la vez de una localidad a otra. Estos aparatos son muy fáciles de modelar porque solo involucran una fuente y un destino para cada movimiento. Los transportadores de carga múltiple pueden mover más de una carga a la vez de una ó más fuentes a uno ó más destino. Un vehículo de remolque jala una hilera de carros detrás de sí, haciendo varias cargas a la vez, pueden tener un solo punto de recogida y dejada para cada movimiento, aunque son capaces de hacer varias paradas, haciendo múltiples cargas y llevándolas a muchas localidades remotas

61. ¿Cuáles son algunas características de los vehículos automáticos guiados?

Son más flexibles que los transportadores, aunque no pueden manejar las altas tasas de actividad de los transportadores. No son tan flexibles como los vehículos industriales, pero pueden manejar mayores tasas de actividad y eliminar la necesidad de operadores. Son controlados por una computadora central o una computadora a bordo o una mezcla de ambos. Los que tienen una computadora a bordo son capaces de tener mapas del sistema en sus memorias. Pueden dirigir su propia ruta y cerrar el paso y comunicarse con otros vehículos si es necesario. El viaje es generalmente unidireccional para evitar el tráfico, aunque ocasionalmente un camino puede ser bidireccional.

62. ¿Cuáles son algunas características de los robots?

Los robots de sistema coordinado cilíndrico o polar son generalmente más apropiados para la descarga de maquinaria. Los de sistemas coordinados

cartesianos son más fáciles de equipar con sensores táctiles para el trabajo de ensamblaje. Los robots antropomórficos tienen los niveles más altos de libertad y son especialmente adecuados para trabajar herramientas para pintar o soldar. Los robots generalmente mueven partes individuales.

Capítulo 10. Modelando sistemas de servicios (resumen)

63. ¿Qué características tienen los sistemas de servicios?

- 1.- Los servicios son intangibles; no son objetos.
- 2.- Los servicios son perecederos; no pueden ser inventariados.
- 3.- Los servicios proveen rendimientos heterogéneos.
- 4.- Los servicios incluyen producción simultánea y consumo.

64. Indicar algunas preguntas que deben responderse para modelar sistemas de servicios.

- ? ¿Cuál es la capacidad del servicio y las áreas de espera?
- ? ¿Cuál es la máxima capacidad de inversión del sistema de servicio?
- ? ¿Cuáles son los requerimientos del equipo para alcanzar la demanda de servicio?
- ? ¿Cuánto tiempo toma otorgar un servicio a un cliente?
- ? ¿Cuánto tiempo tienen los clientes que esperar, antes de recibir un servicio?
- ? ¿Dónde se deben localizar las áreas de servicio y espera?
- ? ¿Cómo puede hacerse más eficiente el flujo de trabajo y de clientela?
- ? ¿Qué efecto tendría la automatización en la reducción de tiempo perdido?
- ? ¿Cuál es la mejor manera de establecer el horario de los empleados?
- ? ¿Cuál es la mejor manera de establecer el horario para las citas de los clientes?
- ? ¿Cuál es la mejor manera de establecer el horario de carga o vehículos?
- ? ¿Cómo se deben asignar los recursos a las tareas?
- ? ¿Qué clientes o tareas deben ser atendidas antes?
- ? ¿Cuál es la mejor manera de establecer el horario del mantenimiento del equipo y las facilidades?
- ? ¿Cuál es la mejor manera de resolver situaciones de emergencia tales como fallas en el equipo?

65. Describir algunos indicadores de desempeño de sistemas de servicios.

Tiempo de servicio al cliente. Es el tiempo total desde que el cliente entra al sistema hasta que éste sale del sistema. Es la suma del tiempo de servicio, tiempo de movimiento y tiempo de espera.

Tiempo de espera del cliente. El tiempo que un cliente espera antes de que un servicio en particular le sea otorgado.

Número de clientes esperando. Es el número de clientes esperando por un servicio en un tiempo determinado.

Utilización del recurso. El porcentaje de tiempo que un recurso (un servidor ó una unidad de equipo) está ocupado ó en uso como porcentaje del tiempo total establecido.

Tiempo de ordenamiento del proceso. El tiempo desde que el cliente hace un pedido hasta que el producto o servicio es recibido.

Tasa de abandono. El porcentaje del tiempo que los clientes dejan la cola o deciden no entrar al sistema de servicio.

Formalidad. Es la consistencia con un estándar particular de eficiencia que se debe alcanzar.

Costo. Es la medida financiera total para proveer el servicio

66. Describir algunas características a considerar para el modelado de sistemas de servicios.

Las entidades son caprichosas. Las condiciones del sistema ocasionan que los humanos cambien de parecer cuando una decisión en particular ya se ha tomado. La reacción de los clientes a circunstancias no satisfactorias pueden ser el rechazo o la disuasión.

La llegada de entidades es aleatoria y sigue patrones cíclicos. Los clientes llegan a la mayoría de los sistemas de servicio de manera aleatoria, de acuerdo al modelo de Poisson (los intervalos de tiempo de llegada están exponencialmente distribuidos). De manera adicional, la tasa de llegada a menudo cambia, dependiendo de la hora, o el día de la semana.

Las decisiones por parte del recurso son complejas. La flexibilidad a responder a cambios de estado es posible porque los recursos son humanos que son capaces de hacer decisiones más complejas que las máquinas. Al modelar el complejo comportamiento de los recursos humanos, a menudo se requiere el uso de lógica si-entonces para definir las reglas de decisiones que deben usarse.

El ritmo de trabajo del recurso es variable. Un cambio en el estado de la entidad (tiempo de espera) puede causar que un recurso trabaje de manera más rápida para completar el servicio profesional. Un cambio en el estado del recurso (fatiga o aprendizaje) puede cambiar el tiempo de servicio (más lento en el caso de fatiga, y más rápido en el caso de aprendizaje). Para modelar esta variable de comportamiento, se deben hacer exámenes continuamente basados en las variables fijas en el sistema para relacionar el comportamiento del recurso con el estado del sistema.

Los requerimientos del proceso son altamente variables. Son variables debido a la naturaleza del proceso y al hecho de que tanto la entidad como el servidor son humanos. Desde un punto de vista del modelado, los tiempos de procesamiento usualmente deben ser expresados usando alguna distribución de probabilidad tal como la distribución normal o la beta.

Los servicios tienen tanto actividades frontales como traseras. En las actividades frontales, el servicio al cliente representa presentarse con el cliente para tomar ordenes para un bien o servicio. En las actividades traseras, éstas se llevan a cabo fuera de la presencia del cliente, para producir un servicio o bien.

67. Describir algunas de las variables de decisión en los sistemas de servicios.

Decisiones de distribución. Las decisiones de distribución deben generar un flujo de trabajo y de los clientes convenientes. Una buena distribución debe ser diseñada simultáneamente con el diseño del proceso del servicio, ya que están íntimamente relacionados.

Decisiones de automatización. Presenta una gran oportunidad para reducir los tiempos de espera en los sistemas de servicio, pero si la automatización de un proceso de servicio acelera el proceso pero no minimiza el tiempo total del procesamiento, no es efectivo y puede además estar creando basura (grandes fuentes de entidades de espera).

Decisiones de políticas. Los gerentes del servicio se enfrentan constantemente con el problema de falsear los recursos y adaptarse al cambio de políticas. Estos tipos de políticas requieren que los proveedores de servicio mantengan la calidad del servicio cuando se está operando en condiciones atípicas.

Decisiones del diseño de la estación de trabajo. La forma en que las estaciones de trabajo son diseñadas puede tener un impacto significativo en la satisfacción del cliente y la eficiencia del proceso.

Decisiones del staff. Una decisión importante en casi todas las operaciones de servicio se relaciona al nivel de personal que puede realizar la petición del cliente. Una baja cantidad de personal puede conducir a tiempos de espera excesivos y pérdida de la satisfacción del cliente. Una cantidad de personal exagerada puede resultar en costos innecesarios que se utilizan de manera inadecuada. Los requerimientos del personal se hacen definiendo el patrón de clientes que llegan, especificando las políticas de servicio y los procedimientos y estableciendo un nivel adecuado de nivel de personal.

Decisiones de control de flujo. Las planeaciones de las operaciones de los sistemas de servicio deben decidir como será el flujo de los clientes, documentos, etc. a través del sistema. Limitando las capacidades de la espera, un sistema puede ser dispuesto para que reduzca el número total de clientes que están esperando en el sistema a cualquier hora. También reduce el tiempo promedio de espera de los clientes, lo que resulta en una eficiencia mayor.

68. ¿Cuáles son algunas características de prestadores de servicio?

Los prestadores de servicio son sistemas en donde se ofrecen servicios a los clientes usando equipo y facilidades que requieren un bajo compromiso. Así, los costos de trabajo son bajos, mientras que los costos del equipo y las facilidades son altas. Los prestadores de servicio generalmente tienen tanto actividades frontales como traseras, siendo el servicio totalmente otorgado en cuestión de minutos. El cliente puede seleccionar el servicio basándose en un menú de opciones que previamente fue definido por el proveedor. La buena localización del lugar es otra importante consideración. El compromiso del cliente con el proveedor es bajo porque usualmente hay otros proveedores alternativos.

69. ¿Cuáles son algunas características de negocios detallistas?

En los negocios detallistas, el tamaño de las áreas de facilidad son grandes para acomodar muchos clientes al mismo tiempo. Los clientes pueden escoger de un gran número de opciones de compra. Se requiere de un gran nivel de intensidad de trabajo pero un bajo nivel de interacción con el cliente. Los clientes son influenciados por el precio más que por la calidad del servicio o el tiempo de entrega. Los clientes se interesan por buena localización del lugar, asistencia para encontrar los productos en la tienda, y un rápido pago. Usualmente los clientes pueden usar un carrito para llevar ahí las cosas que quieren comprar.

70. ¿Cuáles son algunas características de servicios de centro telefónico (call center)?

Son servicios que se otorgan a través del teléfono. Son diferentes de otros servicios, ya que el servicio se da sin contacto con el cliente. El servicio se puede hacer por reservaciones, orden por catálogo, o dar soporte técnico a un cliente.

El criterio más importante para medir la efectividad es el tiempo de servicio. El cliente está simplemente interesado en obtener el servicio u ordenar el producto tan rápido como sea posible. La habilidad del cliente para comunicar su necesidad es crítica para el tiempo de servicio.

Las llamadas usualmente llegan a la línea de espera y se atienden de acuerdo a la regla FIFO. El procesamiento de la llamada es hecho solo por una persona. La duración del servicio depende en la naturaleza del servicio.

71. ¿Cuáles son algunas características de los servicios de mensajería?

Incluyen el pedido, el transporte y la entrega de bienes (materia prima o productos terminados) a puntos de uso o venta. Los clientes pueden aceptar las entregas solo en ciertos horarios. Los clientes se interesan en entregas convenientes y rápidas. Si los productos que se entregan son perecederos o frágiles, la calidad de los productos que se entregan es también importante para el cliente.

Las entregas empiezan con la preparación del producto y la carga del producto a las fuentes de entrega. La determinación de una toma de decisión por parte del conductor para tener una mejor ruta puede depender del número de clientes que están esperando por el producto o la proximidad de éstos.

72. ¿Cuáles son algunas características de servicios de transporte?

Los servicios de transporte se refieren a la movilización de personas de un lugar a otro. Una diferencia fundamental entre los sistemas de transportación y entrega es que la gente es transportada en lugar de los bienes. Otra diferencia importante es que las rutas tienden a ser fijas. Los clientes se interesan en una transportación conveniente y rápida. Debido a que hay horarios y rutas establecidas, los clientes esperan un servicio confiable.

Hay dos tipos de puntos de abordaje y descenso que se usan en los transportes: múltiples puntos de abordaje y descenso y únicos puntos de abordaje y descenso.

Capítulo 11. Aplicaciones de manufactura y manejo de materiales

73. Explicar dos ejemplos de aplicaciones de la simulación a los sistemas de manufactura y sistemas de manejo de materiales

1.- Aplicación: Cambiar de una producción de manufactura en serie a una de flujo continuo

Industria: Metalúrgica

Antecedentes: Teledyne Allvac es una de las primeras empresas que realizó aleaciones de níquel y titanio. Producen una línea de barras calientes a través de un proceso en lotes. La compañía decidió cambiar a la manufactura de flujo continuo, lo que permitiría el movimiento individual de los productos a través de los procesos de una manera continua por medio de transportadores en lugar del movimiento en serie.

Propósito del estudio: Ayudar a diseñar y justificar la nueva línea de producción. Fue necesario determinar la capacidad y el ciclo total desde que el cliente realizaba el pedido hasta que se completaba el proceso para un producto con una mezcla específica.

Descripción del modelo. El objetivo del proceso completado es determinar el tamaño de la barra caliente y los requerimientos de la superficie final.

Resultados. El estudio de simulación generó dos importantes parámetros de desempeño que no habrían podido determinarse usando métodos convencionales: producción esperada en libras por año y tiempo del ciclo total para cada pedido. El modelo demostró que el nuevo diseño incrementaría la capacidad en un 60% y reduciría el tiempo promedio del ciclo para cada pedido arriba del 90%. El modelo también permitiría reducir el tamaño de las colas que resultaría en una reducción de espacio en el piso. En resumen, la simulación ayudó a justificar la inversión.

2.- Aplicación: Manufactura con multimaquinaria y sistema de distribución

Industria: Productos de consumo

Antecedentes: Una gran empresa manufacturera de productos de consumo se enfrentó con el problema de satisfacer un incremento en la demanda de sus productos en múltiples localidades. Esta compañía tiene seis fábricas de manufactura y seis sitios de distribución regional en Estados Unidos. Los clientes de la compañía son vendedores al por menor que distribuyen los productos.

Propósito del estudio: Evaluar las decisiones estratégicas de manufactura y las de distribución para un ambiente de multimaquinaria con enormes Unidades de Almacenaje de Stocks (UASs). Las principales variables de interés fueron costo, capacidad de manufactura, capacidad de almacenamiento y niveles de servicio al cliente.

Descripción del modelo: El modelo uso un sistema de producción "make-to-stock" basado en pronósticos derivados de la planeación de la manufactura y el sistema de control. El proceso de manufactura requirió de una gran confiabilidad en el modelado debido a los requerimientos de mantenimiento, organización y cambio.

Resultados: El modelo dio a la compañía una política estratégica para examinar el impacto de los cambios en la capacidad de producción y los niveles de inventariado en el nivel de servicio y costo.

Capítulo 12. Aplicaciones a los servicios

74. Explicar dos ejemplos de aplicaciones de la simulación a los sistemas de servicios.

1.- Aplicación: Clínica dental.

Industria: Servicios de salud

Antecedentes: La organización Scott & White está localizada en Temple, Texas y consiste de 354 camas hospitalarias; una organización de 100,00 miembros que mantienen la salud; 375 médicos, dentistas, científicos, clínicos con varias especialidades y enfermeras capacitadas. Operan 13 clínicas regionales. Para muchos proveedores de servicios de salud, el cambio de servicio de pacientes internos a pacientes externos ha creado muchos problemas que van desde el flujo de los pacientes por su aumento en número, hasta disponibilidad de espacio, horarios y personal.

Propósito del estudio: El objetivo del estudio de simulación fue determinar una forma efectiva y eficiente de planear los horarios de los pacientes, cuartos, y dentistas ó cirujanos para maximizar los resultados de la clínica.

Descripción del modelo: El personal de la clínica dental se compone de dos cirujanos de tiempo completo, un dentista general de tiempo completo, un cirujano de medio tiempo, dos dentistas de medio tiempo, dos higienistas de tiempo completo, tres "LVNS" de tiempo completo, dos asistentes de cirugía oral de tiempo completo y tres asistentes dentales certificados de tiempo completo. Cada dentista o cirujano oral tiene su propio consultorio; algunos tienen uno y otros dos. No hay cuarto de recuperación, aunque los pacientes pueden recuperarse en el consultorio del médico.

Resultados: El análisis de los resultados de la simulación generó sugerencias para mejorar el desempeño de la clínica. La conclusión más importante fue que la utilización de los cuartos era sumamente baja. Se encontró que esta baja utilización era causada por el hecho de que las habitaciones eran muy especializadas y no había un área designada para la recuperación de los pacientes. Otro factor que contribuía a la baja utilización de las habitaciones era que cada consultorio era para un dentista o cirujano en específico.

2.- Aplicación: Diseño de un restaurante de comida rápida

Industria: Servicios alimenticios

Antecedentes: La naturaleza de la dinámica de la industria restaurantera es asegurada por las metas de la industria de incrementar las ventas, el mercado y las ganancias. Estas metas continuamente llevan a la introducción de nuevos productos, nuevas campañas de marketing, equipo nuevo, nuevas formas de servir al cliente, y nuevos diseños para facilidades.

Propósito del estudio de simulación: Los modelos hechos en Burger King han sido usados para: establecer el número de personal, diseñar nuevas facilidades en el restaurante, estimar los impactos de cambios en el equipo y en los procedimientos.

Descripción del modelo: Un restaurante típico de comida rápida tiene cinco subsistemas de trabajo dentro del sistema principal. Éstos son: Mostrador frontal para que el cliente haga el pedido, Mostrador para cliente con auto, Mostrador frontal para dar el servicio, Mostrador para dar el servicio al cliente y Cocina.

Resultados: Se uso para determinar una configuración óptima que logre un objetivo en particular. Burger King utilizó el modelo para alcanzar una "Configuración Óptima de Asientos" para sus restaurantes. Específicamente, cuantas mesas para grupos de dos clientes, cuantas para grupos de cuatro clientes, etc. debía de haber para maximizar la capacidad de los asientos. Hay estimaciones que indican que los nuevos diseños han mejorado la capacidad para encontrar asiento en casi un 15%.

Aplicaciones a las finanzas

75. Explicar dos ejemplos de aplicaciones de la simulación en la administración financiera.

Temas de apoyo

76. Describir las características principales de la distribución de Poisson con un ejemplo.

La distribución de Poisson se utiliza para describir cierto tipo de procesos, entre los que se encuentran la distribución de llamadas telefónicas que llegan a un conmutador, la demanda (necesidades) de los pacientes que requieren servicio en una institución de salud, las llegadas de camiones a una caseta de cobro y el número de accidentes registrados en una cierta intersección de calles. Estos ejemplos tienen en común un elemento: pueden ser descritos mediante una variable aleatoria discreta que toma valores enteros (0, 1, 2...).

Características de los procesos que producen una distribución de probabilidad de Poisson.

1. El promedio (la media) del número de eventos que se producen por hora, puede estimarse a partir de datos que se tengan disponibles.
2. Si dividimos la hora pico en periodos (intervalos) de un segundo cada uno, encontraremos que las siguientes afirmaciones son verdaderas:
 - ? La probabilidad de que exactamente un evento ocurra por segundo es muy pequeña y es constante para cada intervalo de un segundo.
 - ? La probabilidad de que dos o más eventos ocurran en un intervalo de un segundo es tan pequeña que le podemos asignar un valor cero.
 - ? El número de eventos que ocurren en un intervalo de un segundo es independiente del tiempo en que dicho intervalo se presente en la hora pico.
 - ? El número de eventos en un intervalo de un segundo no depende del número de ocurrencias en cualquier otro intervalo de un segundo.

77. Describir las características principales de la distribución Exponencial con un ejemplo.

La distribución exponencial es el equivalente continuo de la distribución geométrica discreta. Esta ley de distribución describe procesos en los que:

- ? Nos interesa saber el tiempo hasta que ocurre determinado evento, sabiendo que,
- ? el tiempo que pueda ocurrir desde cualquier instante dado t , hasta que ello ocurra en un instante t_f , no depende del tiempo transcurrido anteriormente en el que no ha pasado nada.

Ejemplos de este tipo de distribuciones son:

- ? El tiempo que tarda una partícula radiactiva en desintegrarse. El conocimiento de la ley que sigue este evento se utiliza en Ciencia para, por ejemplo, la datación de fósiles o cualquier materia orgánica mediante la técnica del carbono 14, C14;
- ? El tiempo que puede transcurrir en un servicio de urgencias, para la llegada de un paciente;
- ? En un proceso de Poisson donde se repite sucesivamente un experimento a intervalos de tiempo iguales, el tiempo que transcurre entre la ocurrencia de dos sucesos consecutivos sigue un modelo probabilístico exponencial. Por ejemplo, el tiempo que transcurre entre que sufrimos dos veces una herida importante.

Ejemplo: Si un banco recibe en promedio en promedio $\lambda = 6$ cheques sin fondos por día, ¿cuál es la probabilidad de que reciba cuatro cheques sin fondos en un día determinado?

Solución: Sustituyendo $\lambda = 6$ y $x = 4$ en la fórmula obtenemos

$$f(4) = \frac{(6^4)(e^{-6})}{4!} = \frac{(1296)(0.0025)}{24} = 0.135$$

78. Describir las características principales de la distribución Normal con un ejemplo.

79. Describir los aspectos más relevantes del modelos básico de la teoría de colas con un ejemplo.

80. Describir los aspectos más relevantes de modelos diferentes al básico de la teoría de colas con un ejemplo en cada caso.