

Diseño de un modelo de simulación por computadoras para una sala de emergencias

Javier Alejandro
Ignacio Delgado Aristud
Candidatos a graduación

Sinopsis

En este documento se describe el desarrollo de un modelo de simulación y su uso en la sala de emergencias de un hospital. Se describen el problema y el sistema que se va a modelar, los objetivos del estudio, las herramientas o técnicas de ingeniería industrial usadas en el estudio y el procedimiento propuesto. Luego se resumen los procedimientos usados para obtener los datos y se presentan las recomendaciones.

Abstract

This document describes the development of a simulation model and its use in the emergency room of a hospital. The first part of the document presents the problem and the system to be modeled, the objectives of the study, the tools and techniques used in the study and the proposed procedure. The second part of the document summarizes the data acquisition procedure and the recommendations.

Introducción

La simulación por computadora es una herramienta de gran utilidad en el estudio y análisis de sistemas propuestos. En el proceso de simulación se crea un modelo a escala detallado de un sistema que imita los eventos que ocurren en un sistema real. La computadora permite que estos eventos transcurran en un marco de tiempo corto, con lo que se logra que un modelo

de simulación emule el comportamiento a largo plazo de un sistema. Un modelo de simulación puede usarse para estimar las características operacionales de un sistema y la sensibilidad del sistema a los cambios en sus variables de diseño. De esta forma se evita incurrir en los costos de implantar los cambios.

El análisis mediante la simulación se ha usado para estudiar varios aspectos en la operación de hospitales, incluyendo los servicios a los pacientes externos. Usando la simulación, Hancock¹ (1984) determinó el número de procedimientos a ejecutarse en 19 departamentos auxiliares. Amladi² (1984) desarrolló un modelo de simulación que se usó para diseñar una instalación de cirugía para pacientes externos.

La administración del Hospital Dr. Federico Trilla del área de Carolina está interesada en evaluar el uso y la capacidad de los recursos humanos en su sala de emergencias médicas. La evaluación pretende determinar la eficiencia y la cantidad de los recursos humanos (enfermeras, médicos, técnicos de récord y custodios) necesarios para satisfacer la demanda media actual y futura, que según los datos históricos del hospital es de 4,300 pacientes por mes. De acuerdo a un estudio realizado por la administración, la capacidad de la sala de emergencias es de 12,500 pacientes por mes. Cabe señalar además el interés de la administración en ampliar la sala de emergencias de ser necesario.

Después de varios días de observación y de entrevistas con el personal, se encontró que la eficiencia del sistema dependía de los siguientes cuatro factores:

¹. Hancock, W.M. y Walter, T.S., 1984, "Use of admissions simulation to stabilize ancillary workloads", *Simulation*, Vol. 43, No. 2, August, pp 88-94.

². Amladi, P., 1984, "Outpatient health care facility planning and sizing via computer simulation", *Winter Simulation Conference Proceedings*, November, pp 705-711

Modelo de simulación para una sala de emergencias

1. Instalaciones físicas para atender debidamente al paciente

En el turno de 3 a 11 hay tanta demanda por los servicios de la sala de emergencias que es necesario usar los pasillos para colocar los pacientes en camillas. Esta práctica dificulta la labor del personal.

2. Personal por turnos

Es probable que en los turnos de mayor demanda en el servicio el personal, especialmente las enfermeras, no sea suficiente para satisfacer la demanda. Por lo tanto, hay pacientes que se quedan esperando por atención y otros que sencillamente no esperan y se van.

3. Estación de registro

En esta estación el sistema de procesamiento toma más de 13 minutos en atender un paciente; según los datos registrados cada 7.52 minutos llega uno. Esto retrasa la labor de los médicos, ya que hay que esperar por los récords para poder evaluar al paciente. Los técnicos de récord tienen la doble función de interactuar con los pacientes para obtener la información necesaria para abrir un récord e informales cuáles son los procedimientos en la sala. Esta estación es crítica, ya que sin los récords el paciente no puede usar los servicios de la sala de emergencias.

4. Estaciones de apoyo

Dependiendo de la evaluación que haga el médico, el paciente visita los laboratorios de rayos X o algún otro laboratorio.

La sala de emergencias cuenta con estaciones tales como admisión, pediatría, cirugía menor, cuartos de espera, las estaciones de apoyo de los laboratorios, cuartos de rayos-x, la lavandería y la farmacia. Los pacientes visitan estas estaciones dependiendo de la evaluación que le hace el médico. El estudio se hizo en la sala de emergencias.

Objetivos

Para agilizar el sistema se requiere lo siguiente:

1. Establecer niveles de calidad en el servicio.

2. Evaluar el recurso humano en términos de la cantidad y la eficiencia necesaria para lograr una mejor distribución del personal por turnos para brindarle un mejor servicio al paciente. Estudiar cuán adecuado es el itinerario actual de personal.

3. Ampliar o relocalizar las estaciones que componen la sala de emergencias para evitar dificultades y confusiones en la labor del personal.

Como resultado de este estudio se espera mejorar el sistema de forma tal que se pueda:

1. Acortar el tiempo medio total de servicio al paciente.

2. Minimizar las inconveniencias que les ocasiona a los pacientes el no saber dónde ir ni cuándo los atenderán.

3. Medir, por medio de encuestas, los niveles de incomodidad y rechazo de los pacientes hacia los servicios brindados que puedan aminorar los ingresos.

4. Determinar el personal requerido en los turnos, especialmente en la estación de enfermería.

Materiales, métodos y enfoques

En este estudio se usaron los siguientes conceptos:

1. Estudios de tiempo

Se analizaron las operaciones de los empleados para establecer los tiempos medios que permitieran planificar las disposiciones del personal. Se determinó el uso actual del personal.

2. Probabilidades y estadísticas

Se estableció el promedio y la distribución que tiene la llegada de pacientes por día en cada turno de trabajo. Se llevaron a cabo encuestas y se determinaron los niveles mínimos de calidad en el servicio.

Modelo de simulación para una sala de emergencias

3. Diseño de instalaciones

Se evaluó si la cantidad actual de sillas y camillas era suficiente para satisfacer la demanda actual.

4. Pronósticos

Se determinó la tendencia de la demanda y se planificó la necesidad futura del personal.

5. Simulación

Luego de obtener la información necesaria se procedió con la simulación del sistema.

Primeramente se estudió el sistema. Se identificaron las responsabilidades y las tareas del personal médico, del personal de enfermería y de los técnicos de récores médicos. Se determinó el porcentaje del tiempo que se dedica a estas tareas.

Se identificó el flujo de pacientes, o sea, la secuencia de estaciones por las cuales pasa un paciente para ser atendido. La información del flujo permite determinar las etapas que toman más tiempo en el servicio al paciente y que por lo tanto pueden ser críticas. Aunque el personal de la sala pudo haber suministrado esta secuencia, se prefirió seguir al paciente, ya que de esta forma se obtenía información más exacta del flujo. Aunque los récores médicos pueden mostrar el flujo, estos documentos son confidenciales: sólo el personal autorizado tiene acceso a ellos.

Se hizo una encuesta para determinar los niveles mínimos de calidad en el servicio según la opinión del paciente. Con los resultados de esta encuesta se identificaron las estaciones críticas.

Luego de obtener la información necesaria se procedió a hacer una simulación del sistema. Mediante la simulación se obtuvo la información siguiente:

1. El número de pacientes en una fila
2. El tiempo medio de espera
3. El tiempo total en el sistema

Alejandro y Delgado - Aristud

4. El uso medio de recursos, tales como enfermeras, evaluadores, camillas, médicos, escoltas y técnicos de récord

Con esta información se determinaron las etapas en el servicio en las cuales el paciente tiene que esperar más y los recursos de personal que están sobrecargados o que tienen poco uso.

El primer paso del estudio fue preparar la propuesta. Para este propósito era necesario familiarizarse con los procedimientos y la jerga de la sala de emergencias y entrevistar al personal de enfermería, a los técnicos de récord y a los pacientes. Se le informó al personal sobre la clase de estudio que se estaba haciendo. También se consiguió información acerca de aplicaciones en el campo de la salud. Luego se identificaron los problemas que se tratarían de resolver y se escogieron las técnicas de ingeniería a usarse para documentar la propuesta.

El segundo paso consistió en estimar la frecuencia de llegada de los pacientes y la proporción de los tipos de pacientes que llegaban por cada turno. Esta información se obtuvo de los registros del Departamento de Admisión y de Evaluación Inicial, pero con la restricción de que todo trabajo hecho con los documentos fuera llevado a cabo dentro del hospital. Otra información que obtuvimos del Departamento de Admisión fue la cantidad de pacientes atendidos por mes. La información comprendía los meses transcurridos desde el 1983 hasta el 1989. Con esta información se desarrollaron los modelos de los pronósticos.

Se hicieron encuestas para los enfermeros y los pacientes. Los formularios fueron revisados por nuestra asesora, la profesora Rosa Silva, por el Ingeniero Oliveras, por la señora Antonia Negrón, por el personal del Departamento de Relaciones con la Comunidad y por la señora Vilma Ortiz. De cada revisión resultaron ciertos cambios a los formularios para que cumplieran mejor con su objetivo.

En el caso de la encuesta a los enfermeros se pudo notar su falta de confianza hacia nosotros, dado que sólo contestaron a medias tres formularios. Se les había indicado a los enfermeros que podían dejar el formulario contestado en la oficina de la supervisora de enfermería. No obstante, se hizo un segundo intento. Esta vez se le entregaba el formulario al enfermero, se esperaba hasta que lo contestara y se recogía el formulario personalmente. Con los resultados de la encuesta a los enfermeros llegamos a la conclusión

Modelo de simulación para una sala de emergencias

de problemas de motivación.

Para la encuesta a los pacientes se escogió el procedimiento de entregarles los formularios en la Sala de Emergencias. El paciente contestaba el formulario y lo depositaba en una caja localizada en el estación del Departamento de Admisión. Este acercamiento no funcionó debido a que la mayoría de los pacientes no se encontraban en ánimos para contestar el formulario. Por consiguiente, se optó por entrevistar a los pacientes ya admitidos, uno por uno. De esta manera se aseguraba que la persona comprendiera mejor las preguntas del formulario y que el producto de la encuesta fuera confiable y de calidad.

Para los modelos de los pronósticos de corto y largo plazo se usó información del Departamento de Admisión y Récores sobre la cantidad de pacientes recibidos entre septiembre del 1983 y diciembre del 1989. El modelo escogido a largo plazo indica que la demanda aumenta a razón de 26 pacientes por mes. No se pudo demostrar que la demanda fuese estacional.

El Departamento de Admisión también proveyó información para obtener la proporción de los tipos de pacientes y las distribuciones de llegadas de pacientes, por turnos. Un dato sobresaliente es que a medida que transcurría el día, la proporción de pacientes de la sala de espera aumentaba.

Para establecer los tiempos de servicio se escogió el método de estudio de producción por dos razones:

1. Se elimina la complejidad de las actividades al describir cada operación paso a paso
2. El que las operaciones no se realicen en un mismo lugar de trabajo, no crea problemas, ya que se sigue al operador a los lugares en que labora y se describen sus operaciones.

Este estudio se llevó a cabo para los servicios de admisión y récores, enfermería, rayos-X, laboratorio, escolta y médicos. Las actividades se dividieron en trabajo directo, trabajo indirecto, fuera de la intermediación y tiempo ocioso. El trabajo directo se compone de actividades en las que el operador atiende directamente al paciente o al acompañante y llena los formularios o cuando transporta materiales o información, como es el caso del escolta. El trabajo indirecto se compone de actividades en las que los

operarios no interactúan con los pacientes o acompañantes, tales como atender llamadas telefónicas, buscar pacientes y localizar materiales o documentos importantes para brindar el servicio.

Con los datos obtenidos en los estudios se construyeron las gráficas de frecuencia de los tiempos de servicio para tener una idea de la distribución aplicable. Luego se procedió a realizar las pruebas de bondad de ajuste para verificar si los datos obtenidos seguían el patrón de la distribución escogida. Dichas distribuciones se usaron en los tiempos de las actividades del programa de simulación, no sin antes añadirles los porcentajes de tiempos por tolerancias.

Se decidió incluir los departamentos de rayos X y laboratorios en los estudios de producción debido a que el tiempo de espera por los resultados de radiografías y análisis fue la etapa en el servicio que menos complacía al cliente, según los resultados de la encuesta. Durante el tiempo en que se realizó el estudio de producción, el departamento de rayos-X facilitó información para obtener el porcentaje de pacientes que reciben sus servicios y el porcentaje de placas dañadas. El departamento de laboratorios también ofreció información sobre su demanda .

El programa de simulación se diseñó usando el programa SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling). El SLAM es un programa basado en el lenguaje FORTRAN y contiene comandos tales como CREATE, AWAIT, RESOURCE, ACTIVITY, SELECT y otros. Cada uno de estos comandos es una sub-rutina comprimida del FORTRAN. En otras palabras, una línea en SLAM puede ser equivalente a una página de FORTRAN. Por lo tanto, este lenguaje de simulación agiliza el procedimiento de diseñar un programa y es más eficiente en el uso de la memoria de la computadora.

Con la ayuda de los flujogramas se diseñó el programa de simulación. Se definieron los recursos: enfermeros, médicos, cantidad de máquinas de rayos-X, clínicos, técnicos de récord y escoltas. Al escolta se le simuló como una compuerta (GATE en SLAM) de tal manera que atendiera más de un paciente a la vez. Un ejemplo de esto es cuando el escolta lleva la canasta de muestras del laboratorio y la canasta tiene varias muestras.

Las actividades se definieron usando los estudios de producción.

Modelo de simulación para una sala de emergencias

A medida que se recopilaban los datos estadísticos, se programaba la simulación del sistema de servicio. El sistema se simuló con la cantidad de recursos actuales. Se obtuvieron seis informes de resultados para cada turno. Se simularon 14 horas en cada informe, seis de las cuales se usaron para crear entidades que estuviesen en el sistema, sin crear estadísticas. Esto simula la situación real de que al comenzar el turno haya pacientes distribuidos en diferentes estaciones esperando atención.

Se hizo un informe promediando los resultados del tiempo de espera por servicio, tiempo de espera total, largo medio de la fila y utilización media de los seis informes de cada turno. Luego de analizar dichos resultados, se llevó a cabo el procedimiento anterior, pero con los cambios en la cantidad de recursos recomendados.

Resultados y recomendaciones

Luego de terminar el estudio de la capacidad y utilización de los recursos, con la ayuda del programa de simulación por computadora, se observó lo siguiente:

Instalaciones

Se comprobó que hay una deficiencia en la cantidad de sillas en la sala de espera. Su capacidad actual es de 16 sillas y en promedio hay 22 pacientes esperando atención. En adición, no hay medios para entretener a los pacientes mientras esperan. En la sala de espera, el espacio principal cuenta con tres camillas; las áreas de tratamiento y observación constan de siete cuartos con dos camillas cada uno, lo cual satisface la demanda actual. La sala de pediatría, las salas de espera del laboratorio y de rayos-X también cuentan con las facilidades adecuadas para cada turno.

Debido a que las estaciones de laboratorio y de rayos-X no están cerca de la sala de emergencias, el personal de enfermería interrumpía sus labores para orientar a los pacientes o acompañantes, lo que crea demoras en el servicio.

Tomando en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se recomienda lo siguiente:

1. Aumentar la cantidad de sillas en la sala de espera.

La sala tiene un área de 26 pies por 14 pies, espacio suficiente para acomodar sin dificultad a 30 pacientes. Cabe señalar que los pacientes por lo general vienen con un acompañante, lo que causa que en ocasiones queden personas esperando sin asiento. Por lo tanto, se evaluó la alternativa de aumentar la cantidad de personal para aligerar el sistema de servicio y reducir los tiempos de espera.

2. Adquirir sillas más cómodas en la estación de admisiones

Los técnicos de admisión están la mayor parte del tiempo sentados abriendo los récords de los pacientes. El uso de sillas más cómodas disminuye la fatiga y los dolores de espalda.

3. Instalar un televisor en la sala de espera.

Esto hace que el paciente enfoque su atención en los programas de televisión y se disminuye la sensación de espera por el servicio.

4. Crear líneas de orientación.

Para evitar que el personal de enfermería interrumpa sus labores para orientar a los pacientes o acompañantes para llegar a otras estaciones, se deben colocar en el piso líneas que indiquen la dirección a seguir a base de colores. También debe colocarse en un sitio visible un letrero que indique el significado de estas líneas.

Según los resultados del programa de simulación, los pacientes esperan en promedio 3.2 y 1.82 horas por los médicos de pediatría y adultos, respectivamente, en el turno de 3 a 11. El uso medio de un médico de pediatría es de 100% y el de un médico de adultos es 89.25%. También se encontró que se espera casi una hora (0.85 hora) por el servicio de escolta. En resumen, para el turno de 3 a 11 se necesita añadir los siguientes recursos:

1. Un médico de adultos
2. Una enfermera de adultos
3. Un escolta

Modelo de simulación para una sala de emergencias

Para el turno de 11 a 7 la simulación indicó que los pasos críticos son el esperar por un médico de adultos y esperar por la escolta. Puesto que hay una gran demanda por camillas debido a los casos de la sala de espera, se deben añadir tres camillas. En resumen, hay que añadir los siguientes recursos:

1. Un médico de adultos
2. Un escolta en la madrugada del sábado
3. Tres camillas.

Para el turno de 7 a 3 se encontró que los tiempos de espera más largos fueron por los enfermeros de adultos y por el médico de pediatría. El uso del personal es de 85.6% para un enfermero y 84.8% para el médico. El porcentaje de uso es alto para ambos, pero no lo suficiente como para recomendar un aumento de personal.

Las otra etapa crítica es admisión, con un 94.25% de uso de técnicos de récores y el escolta, por quien se espera en promedio 0.795 hora (47.7 minutos) para que lleve las muestras de laboratorio y obtenga los resultados de rayos-X y laboratorio. Por tanto, se recomienda añadir los siguientes recursos:

- 1- Un técnico de récores
- 2- Un escolta