

Simulación de evacuaciones vehiculares del campus de la Universidad de Costa Rica

Esteban Castillo Gamboa
Escuela de las Ciencias de la
Computación e Informática
Universidad de Costa Rica
Email: jonny.castillo@ucr.ac.cr

Ricardo Muñoz Molina
Escuela de las Ciencias de la
Computación e Informática
Universidad de Costa Rica
Email: rick94sm@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Una institución que cuente con instalaciones que habitualmente estén ocupadas por personas a distintas horas puede enfrentarse a múltiples eventualidades. Estos acontecimientos pueden ser de carácter natural o causadas por intervención humana en el espacio. No es difícil dar ejemplos del primer caso dadas las distintas catástrofes naturales que se han presentando en los últimos años, tanto a nivel internacional como nacional (huracán Otto, tormenta Nate, terremotos en la ciudad de México). Para el segundo caso se pueden mencionar emergencias tales como una fuga de gas o un fallo eléctrico que desencadene un incendio. Lo cierto es que en ambos tipos de casos es una necesidad para las instituciones contar con mecanismos de evacuación que garanticen una salida efectiva, segura y veloz.

Uno de los métodos más efectivos para que las instituciones se preparen para alguna de las emergencias mencionadas es la simulación. La simulación es una herramienta de análisis que permite sacar conclusiones sobre un sistema sin necesidad de trabajar directamente sobre él, ya sea por lo costoso o arriesgado que resultaría el proceso. Específicamente, en el caso de un desastre natural o emergencia lo más común a simular es el actuar de las personas al tratar de evacuar el área afectada. Estas simulaciones pueden efectuarse directamente con las personas si son a pequeña escala, sin embargo, evacuaciones que involucren a una cantidad muy grande de personas sobre un terreno amplio requieren de simulaciones virtuales.

Actualmente, existen varias formas de modelar una simulación de evacuaciones. Para el caso de tsunami del 2011 en Japón se realizaron varios modelos los cuales tratan de simular situaciones con diferentes tipos de agentes en un área bastante amplia. Se debe tener en cuenta varios algoritmos para que los agentes del modelo puedan tomar rutas adecuadas, no solamente calculando las rutas más cortas. Además, se debe tener en cuenta que la velocidad del agente se ve afectada por la cantidad de agentes que estén tratando de evacuar [1]. Aplicando un modelo parecido se trató de simular una situación similar en Lima, Perú [2]. La simulación que se plantea en este documento se basará en estas investigaciones, teniendo en cuenta que esta simulación es más general y no específica a desastres provocados por tsunamis.

II. JUSTIFICACIÓN

La Universidad de Costa Rica, con la enorme cantidad de personas que la ocupan casi diariamente, no está exenta de esta obligación y, por ello, se han realizado ya simulaciones que buscan emular situaciones en las que se pudiera requerir que todas las personas abandonen el campus o busquen puntos de refugio. Sin embargo, hay casos en los que evacuar a las personas no es suficiente pues la permanencia de vehículos en el campus puede hacer que la emergencia se agrave. Por ello, es crucial que se simulen escenarios en los que no solo todas las personas, sino también los vehículos deban abandonar el territorio de la universidad. Para ello se buscarán estadísticas relevantes (cantidades promedio de tráfico y población, cantidad de puntos de salida y su ubicación) que representen de la manera más fiel el comportamiento de los vehículos dentro del mapa vial universitario.

En cuanto al tipo de simulación, dado que se quieren modelar entes independientes, automóviles y personas, interactuando sobre un conjunto de parcelas, terreno universitario, el modelado basado en agentes se plantea como el rumbo correcto para realizar un análisis de qué se podría esperar en caso de una emergencia sobre el campus de la UCR.

III. ESPECIFICACIÓN ODD

Esta sección está dedicada a especificar las propiedades del modelo implementado para intentar resolver el problema.

A. Visión

1) Objetivos:

1. Determinar los tiempos de evacuación de los vehículos en el campus de la Universidad de Costa Rica cuando los puntos de entrada y salida se encuentran habilitados.
2. Determinar los tiempos de evacuación de los vehículos en el campus de la Universidad de Costa Rica cuando solo los puntos de salida se encuentran habilitados.
3. Identificar los potenciales puntos de embotellamiento en la estructura vial del campus de la Universidad de Costa Rica.

2) Entidades, estados y escalas:

1. Existen entidades para representar el espacio geográfico y otras para presentar a los agentes que interactúan en el espacio.
 - a) Las parcelas representan el espacio geográfico del campus.
 - b) La simulación cuenta con agentes móviles, que buscan una salida rápida del campus, y estáticos, que representan puntos intermedios o finales a los que se dirigen los agentes móviles.
 - c) Hay dos tipos de agentes móviles: los peatones y los vehículos.
 - d) Hay tres tipos de agentes estáticos: puntos de salida de un parqueo, puntos de entrada/salida aptos para automóviles y puntos de salida exclusivos para peatones.
2. Los agentes móviles, peatones y vehículos, cuentan con los siguientes atributos:
 - a) Punto de evacuación seleccionado. La selección del punto de salida al que se dirige un agente cambiará de acuerdo a un parámetro. Se puede elegir el refugio más cercano o uno al azar.
 - b) Ruta tomada. Se utiliza un submodelo para definir la ruta que debe tomar el agente. Nota: no siempre se puede garantizar que la ruta más corta es la óptima.
 - c) Ajuste de velocidad. Es la velocidad en la que evacua un agente. Hay un valor máximo para los peatones y otro para los vehículos.
3. Los puntos de entrada/salida para automóviles tienen los siguientes atributos:
 - a) Localización. Las coordenadas en el espacio de simulación.
 - b) Salida. Booleano que indica si el punto está habilitado para la salida de automóviles, de lo contrario sirve solo de entrada y no es apto para la evacuación de vehículos.
4. Los puntos de entrada/salida exclusivos para personas solo cuentan con un atributo de localización, dado por coordenadas.
5. Las parcelas cuentan con los siguientes atributos:
 - a) Tipo de terreno. Un entero que indica qué terreno está siendo representado por la parcela. Interesa distinguir calles, parqueos, zonas de tránsito exclusivamente peatonales y zonas de no tránsito.
 - b) Punto de salida. Un booleano que señala si la parcela forma parte de una estructura con un punto de salida del campus.
 - c) Cantidad de salidas. Un entero que indica la cantidad de agentes que han pasado por el punto de salida de la estructura.

3) Ciclo de la simulación:

B. Diseño

1) Principios básicos:

2) Propiedades emergentes:

3) Adaptabilidad:

4) Metas:

5) Aprendizaje:

6) Predictibilidad:

7) Sensibilidad:

8) Interactividad:

9) Estocasticidad:

1. Los vehículos aparecen en las parcelas que intersecan las geometrías de parqueos. La cantidad de autos está determinada por el grado de ocupación. Los espacios de parqueo se llenan en orden aleatorio.
2. Los peatones inician la simulación ubicados en las parcelas correspondientes a edificios. Los edificios también se ocupan aleatoriamente.
3. Al iniciar la simulación los vehículos se dirigen primero al punto de salida de su parqueo respectivo. Una vez en la calle, se trasladan al punto de salida de vehículos más cercano.
4. Al principio los peatones salen del edificio en que se encuentren por cualquier dirección. Una vez fuera del edificio se mueven al punto de salida más cercano.

10) Colecciones:

11) Salidas:

C. Detalles

1) Inicialización:

2) Entradas:

1. Para representar el campus de la universidad se utilizan *shape files*. Estos archivos, guardan información espacial sobre un área y pueden ser presentados en forma de polígonos. NetLogo cuenta con la extensión GIS que permite cargar y presentar polígonos en el mundo de la simulación.
2. Los *shape files* originales constituían todas las aceras, calles, edificios, parqueos y propiedades de las fincas Rodrigo Facio, Ciudad de la Investigación e Instalaciones Deportivas. La simulación que trata este proyecto se centra principalmente en el análisis del comportamiento y los tiempos en la finca Rodrigo Facio, por lo que el resto de fincas debían ser omitidas. Para modificar los *shape files* se utilizó QGIS, el cual es un sistema de información geográfica (GIS por sus siglas en inglés), que permite visualizar, editar y crear datos geográficos. Con esta herramienta, se pudo eliminar los datos extra y dejar solo la información pertinente a la finca de la Rodrigo Facio.

3) Submodelos:

REFERENCIAS

- [1] ERICK MAS, ANAWAT SUPPASRI, FUMIHIKO IMAMURA y SHUNICHI KOSHIMURA. Agent-based Simulation of the 2011 Great East Japan Earthquake/Tsunami Evacuation: An Integrated Model of Tsunami Inundation and Evacuation. *Instituto Internacional de Investigación de Ciencias de Desastres, Universidad de Tohoku, Japón* (2012).
- [2] ERICK MAS, BRUNO ADRIANO y SHUNICHI KOSHIMURA. An Integrated Simulation of Tsunami Hazard and Human Evacuation in La Punta, Peru. *Instituto Internacional de Investigación de Ciencias de Desastres, Universidad de Tohoku, Japón* (2012).