

Proyecto de Tesis Doctoral

Beatriz Alejandra García Ramos

Problema de localización y despachamiento de ambulancias considerando diferentes tipos de cobertura

Los problemas de localización y despachamiento de ambulancias han sido trabajados durante varias décadas debido a la importancia que tienen los Servicios de Emergencias Médicas en la sociedad, los cuales se dedican a atender a personas que sufren algún percance por el cual necesiten de una atención médica de emergencia, como sucede cuando ocurren accidentes automovilísticos, laborales o en casa; síntomas graves debido a alguna enfermedad o padecimiento, infartos, entre otros.

En sus inicios estos problemas se trabajaban por separado, sin embargo, recientemente se pueden encontrar en la literatura investigaciones acerca de problemas de localización y despachamiento de ambulancias en donde los sistemas pueden ser estáticos o dinámicos y los modelos pueden ser tanto deterministas como probabilísticos o estocásticos [1]. El problema en el que se basa esta investigación es el Problema de localización y despachamiento de dos tipos de ambulancias, el cual se encuentra en Yoon et al. [2]. Éste es un problema que considera un modelo de programación estocástica de dos etapas con recurso, en el cual se tiene como objetivo maximizar el valor esperado de la cantidad de llamadas de emergencia entrantes al sistema que son atendidas. Durante la primer etapa del modelo se toma la decisión sobre dónde localizar los dos tipos de ambulancias que se tienen disponibles mientras que en la segunda etapa se toma la decisión del despachamiento de éstas cuando entra una llamada al sistema. En este problema la incertidumbre se encuentra en las llamadas de emergencia entrantes que deben ser atendidas debido a que no se sabe en qué momento una llamada va a presentarse, es por ello que se crean distintos escenarios para representar la demanda del sistema, los cuales son involucrados en la segunda etapa.

El problema que se está trabajando en esta tesis también se basa en un modelo de programación estocástica de dos etapas con recursos basado en escenarios. En la primer y segunda etapa se toman las mismas decisiones que se toman en Yoon et al., sin embargo, los escenarios que se consideran en este proyecto contienen información sobre la cantidad de ambulancias que se necesitan de ambos tipos en cada punto de demanda que existe en el sistema; cuando en un punto de demanda existe una emergencia éste da como información una cantidad positiva entera de ambulancias necesarias de cada tipo; cuando no existe una emergencia, el valor de ambulancias necesarias es nulo. Una de las diferencias más significativa que existe hasta ahora entre el trabajo de Yoon et al. y el que se presenta en este proyecto es la función objetivo, ya que se está considerando la maximización del valor esperado del beneficio que se tiene al atender las emergencias médicas en los puntos de demanda donde se solicita la atención. Este beneficio es calculado en base a la cantidad de ambulancias que se envían con respecto a las que se necesitan, y el tiempo de respuesta de la ambulancia para atender la llamada, lo cual se explica a continuación.

Para darle un valor al tiempo de respuesta que toma una ambulancia para llegar a los puntos de demanda del sistema se utiliza una función de decadencia dependiente del tiempo de traslado de las ambulancias y se consideran dos radios de cobertura distintos; uno para darle un valor máximo al tiempo de respuesta ideal y otro para permitir que una ambulancia llegue aunque no sea un tiempo adecuado pero que tampoco sobrepase un radio máximo de cobertura.

De esta manera se tienen los distintos tipos de cobertura de una llamada de emergencia:

- *Cobertura total*: es aquella en la cual se envían todas las ambulancias necesarias en un accidente dentro del radio de cobertura del tiempo de respuesta ideal.
- *Cobertura parcial tipo 1*: es aquella en la cual se envían todas las ambulancias necesarias en un accidente pero al menos una de ellas se encuentra entre el radio de cobertura ideal y el máximo.

- *Cobertura parcial tipo 2*: es aquella en la cual no se envían todas las ambulancias necesarias en un accidente pero todas se encuentran dentro del radio de cobertura ideal.
- *Cobertura parcial tipo 3*: es aquella en la cual no se envían todas las ambulancias necesarias en un accidente y al menos una de ellas se encuentra entre el radio de cobertura ideal y el máximo.
- *Cobertura nula*: es aquella en donde no se envía ninguna ambulancia al punto de demanda.

Además se consideran algunos supuestos basados en el caso real. Cuando un accidente no necesita ser atendido con rapidez, es decir, cuando el paciente no se encuentra en un estado de gravedad, éste puede ser atendido por cualquiera de los dos tipos de ambulancias, mientras que si el accidente es grave, es decir, si la pronta atención determinaría una mayor probabilidad de supervivencia para el paciente, éste solo puede ser atendido por ambulancias que están equipadas con todos los recursos necesarios para atender cualquier tipo de emergencia.

En la primera parte de esta investigación, trabajamos con asociados del sector salud para establecer las restricciones y los supuestos correctos del modelo. En esta etapa el problema considera que todos los escenarios tienen la misma probabilidad de ocurrencia y se resuelve calculando el promedio del beneficio obtenido por el tipo de cobertura que se realizó en los puntos de demanda de los escenarios presentados.

Trabajo en proceso

El proceso que se está llevando a cabo en estos momentos es el estudio de métodos de solución para programación estocástica, dándole un mayor enfoque a las metaheurísticas y las mateheurísticas que existen en la literatura para poder adaptar alguna de ellas al problema que se tiene, o tener como base alguna de ellas para que se pueda implementar de la mejor manera al proyecto.

Trabajo a futuro

En México, y más enfocados en Nuevo León, el Sistema de Emergencias Médicas está conformado por organizaciones públicas y privadas que localizan sus ambulancias de acuerdo a sus propios criterios, lo cual conlleva a que el sistema no sea coordinado. Además de ello pueden existir problemas entre los distintos proveedores de servicio ya que podría haber competencia entre ellos para la atención de una emergencia; esto puede ocurrir con frecuencia ya que las organizaciones privadas aún cuentan con un número particular además de estar involucrados en el sistema 911 establecido hace unos años en el estado como el único número de emergencias que debería de existir. Esta falta de coordinación es algo que se agregaría al modelo para que sea aplicable a un problema real.

También se tiene la idea de involucrar las filas que se pueden llegar a hacer en los hospitales para que se le dé la atención a un paciente, ya que una ambulancia no se puede retirar del hospital hasta que el paciente ingresa a éste, lo cual causa que las ambulancias que se encuentran en fila no estén disponibles en el sistema para acudir a alguna otra emergencia.

Una vez involucrados estos dos factores, y habiendo resuelto el problema con una metaheurística o una mateheurística, se pretende estudiar también un método de solución exacta para resolver el problema y así poder realizar una comparación entre ambos métodos de solución.

Referencias

- [1] V. Bélanger, A. Ruiz, and P. Soriano. Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles. *European Journal of Operational Research*, 272(1):1–23, 2019.
- [2] S. Yoon, L. A. Albert, and V. M. White. A stochastic programming approach for locating and dispatching two types of ambulances. *Transportation Science*, 55(2):275–296, 2021.