



Terrorismo, narcotráfico y crimen organizado han existido hace muchos años, pero se ha intensificado en las últimas décadas. En 2010 hubo 11.604 ataques terroristas en 72 países, que causaron 49.901 víctimas, según indica el informe anual de Estados Unidos sobre terrorismo. Sumado a la traumática experiencia de los atentados a los Torres Gemelas, Estados Unidos está preocupado por su seguridad nacional.

Cómo maximizar la efectividad de los agentes de seguridad con recursos limitados y la gran cantidad de combinaciones posibles al enfrentar un adversario es un problema recurrente en la protección de lugares estratégicos. Estos problemas, que se pueden representar como juegos de seguridad, son abordados con algoritmos y modelos por un grupo de científicos. Entre ellos está Fernando Ordóñez, académico de la Universidad de Chile e investigador del Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería.

A Fernando le interesa la optimización; modelar matemáticamente diversos problemas para intentar resolverlos. Uno de esos es la asignación de recursos de seguridad para proteger objetivos importantes, por eso desde hace ocho años trabaja con un equipo de la University of Southern California en el desarrollo de modelos matemáticos para mejorar la seguridad en el Aeropuerto de Los Ángeles. “Con ellos ha sido muy productivo el trabajo porque lo han ocupado en distintos lugares”, comenta Ordóñez. Este sistema permite controlar eficientemente a los vehículos que acceden al aeropuerto y dio paso al modelo de asignación de agentes federales a vuelos comerciales, quienes viajan encubierto para proteger aviones en vuelo.

Otro sistema que implementó este grupo liderado por el académico Milind Tambe con estrecha colaboración de Ordóñez, consistió en planificar las patrullas de la Guardia Costera para resguardar la bahía de Boston. Como no se cuenta con recursos para tener barcos en todas partes al mismo tiempo hay que decidir en qué orden visitar distintos puntos usando teoría de juegos considerando que podrían haber adversarios. Este proyecto de guardia costera se

## EL ARTE DE LA GUERRA

# Cómo mejorar la efectividad de los agentes de seguridad con algoritmos basados en teoría de juegos. Experiencia de su aplicación en aeropuertos y bahías de Estados Unidos

implementó en el puerto de Boston y está en marcha blanca en la ciudad de Nueva York.

“El objetivo es proveer cierta seguridad, no podemos controlar a todos de la misma forma, por tema de costo y tiempo, entonces hay que seleccionar a quién monitorear en forma más profunda para lo cual hay que tomar decisiones”, explica y agrega: “Todos los trabajos que hemos hecho son modelos para representar juegos en que existe un adversario estratégico que podría ser un terrorista que quiere hacer daño a algún objetivo y un agente que debe evitar la acción del primero, quien a la vez observa el comportamiento de los agentes de seguridad para tomar sus propias decisiones de acciones”. Este tipo de problemas son representados por juegos de *Stackelberg*.

### La incertidumbre en el ser humano

“El algoritmo que implementamos en el Aeropuerto de Los Ángeles ha funcionado bastante bien, pero luego hemos estado haciendo trabajos bastante más entretenidos y complejos para poder resolver problemas cada vez mayores”, cuenta Ordóñez.

Existe una serie de teorías sobre cómo se comportan las personas en un juego; el equipo de California trabajó sobre la idea de que los adversarios humanos siguen un modelo logit de equilibrio de respuesta quantal (Quantal Response Equilibrium -- QRE). En este modelo una acción se escoge con probabilidades proporcionales a la exponencial de la utilidad que genera la acción. “Es la exponencial de la utilidad partido por la suma de las exponenciales de otras acciones”, lo que quiere decir que aunque la gente busca maximizar el beneficio se va a desviar de la decisión óptima, ya sea por una interpretación errada de los hechos o la falta de información.

“No podemos hacer experimentos con terroristas por lo que probamos los modelos con alumnos y otras personas por medio de un juego electrónico: un programa computacional que muestra en una pantalla 8 puertas y hay que escoger cuál atacar suponiendo que se cuenta con las utilidades de todas las acciones y la estrategia óptima de los defensores. Aunque estos juegos permiten evaluar como se desvían jugadores humanos, no podemos capturar el hecho de que los terroristas están dispuestos a sacrificarse más que el común de las personas”.

Con muy baja probabilidad una persona escoge una acción cuya utilidad es muy mala, porque tiende al mayor beneficio, sin embargo se desvía con alguna certeza. El problema es

representar este comportamiento humano en un modelo matemático. Por eso para el proyecto con la Guardia Costera de Boston se trabajó con un modelo que trata de reflejar mejor este componente.

Ordóñez detectó que el concepto *quantal response*, tipo de solución en teoría de juegos, funciona mejor en experimentos con humanos y permite matizar la incertidumbre en las acciones de las personas. Esta fue la novedad del algoritmo presentado para el problema de Boston, sin embargo es difícil resolverlo para problemas grandes.

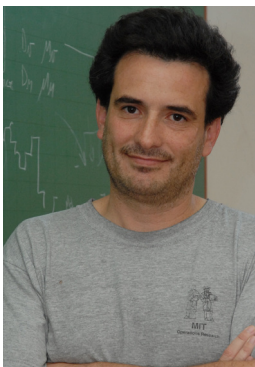
“Lo que hemos desarrollado son algoritmos que permiten resolver una aproximación del problema en que el adversario utiliza respuesta quantal de forma eficiente. Aún debemos mejorar estos algoritmos para poder resolver problemas de seguridad todavía más grandes que se encuentran en problemas de seguridad reales, como el patrullaje de calles de una ciudad”, aclara.

### Próximo desafío: New York y la costa estadounidense

“Todo este trabajo que he estado haciendo por 8 años ha sido implementado, se usa y de hecho tenemos una patente en Estados Unidos sobre la forma de definir la estrategia óptima de agentes de seguridad”, asegura el ingeniero. Y dado el éxito de la aplicación, se está repitiendo lo realizado en Boston en el puerto de Nueva York, en un proyecto que actualmente está en marcha blanca.

“Si esto resulta bien evaluado existe el interés de la Guardia Costera de Estados Unidos de replicarlo en otros puertos”, concluye Ordóñez orgulloso de un trabajo que si bien se conceptualiza de manera muy abstracta, su implementación es contundente.

En Chile, Carabineros ha tenido la posibilidad de conocer lo que se está haciendo en Estados Unidos. Se podrían construir juegos para definir las acciones de la policía y los beneficios de éstas en el ámbito de la criminalidad. Algunos alumnos de la Universidad de Chile están haciendo trabajo investigativo en esta área mediante sus tesis de magíster y doctorado.



**Fernando Ordóñez**

Profesor Asociado  
Departamento de  
Ingeniería Industrial  
Universidad de Chile

