



Identificación del Trabajo	
Área:	Sistemas de información e informática
Categoría:	Alumno
Regional:	Rosario

Algoritmos Genéticos: Optimización de rutas de patrullaje

Eliseo S. Gamba, Valentina M. Domínguez, Alejandro M. Navarini

Zeballos 1341, Rosario, Santa Fe. Facultad Regional Rosario, UTN

E-mail de autores: valendominguez00@gmail.com , eliseogamba00@gmail.com , ale.navarini99@gmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Ing. Daniela Díaz y el Ing. Víctor Lombardo, en el marco del proyecto "Algoritmos Genéticos: Optimización de rutas de patrullaje". (2019)

Resumen

El informe 2019 de UNODC ha mostrado a América Latina como la región más violenta del planeta. Particularmente, Argentina ha registrado una tasa de hechos delictivos de 3391 cada 100.000 habitantes en 2017, según el Sistema Nacional de Información Criminal (SNIC).

Esto ha llevado a pensar en alternativas que podrían ayudar a disminuir esta cifra, como las herramientas aplicadas en la Inteligencia Artificial para resolver problemas de búsqueda y optimización. Este trabajo se enfoca particularmente en la generación y optimización de rutas de patrullaje de manera que se contemple la mayor cantidad de delitos posibles para el área seleccionada de Ramallo (Buenos Aires, Argentina) implementando algoritmos genéticos y teniendo en cuenta ciertos patrones delictivos en el desarrollo de una aplicación (APP) que el personal policial pueda tener en sus celulares con el objetivo de optimizar la utilización de los recursos -tanto humanos como materiales- disponibles.

Palabras Claves: Algoritmos Genéticos; Patrones delictivos; Optimización

1. Introducción

Mucho se ha escrito sobre la seguridad en las últimas décadas. Especialmente, este tema se ha visto como una cuestión socialmente problematizada que ha sido colocado en la agenda de política pública en los diferentes niveles de gobierno (nacional, provincial y local). Para América Latina en general, existe el reto extra de ser la región más violenta del mundo conforme los datos analizados por Naciones Unidas en su informe de 2019.

De modo particular para Argentina, si bien se ha visto una disminución para el período 2014-2017, la tasa de hechos delictivos es de 3391 cada 100.000 habitantes en 2017, según el Sistema Nacional de Información Criminal (SNIC), dependiente del Ministerio de Seguridad de Nación.

Sin duda, el término seguridad comporta una complejidad particular y existe una multiplicidad de variables que deben ser tenidas en cuenta a la hora de abordarlo. A los fines del presente trabajo, se entiende al mismo como concepto asociado a la condición objetiva de un actor en tanto este se halle "libre y exento de todo peligro, daño o riesgo" [1]. Para alcanzar dicha condición, se considera además la capacidad del Estado -como único titular del recurso a la violencia física legítima- de dar una respuesta efectiva y estar preparado para prevenirlos, contenerlos y enfrentarlos. De acuerdo con la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) de la Organización de Estados Americanos (OEA):

“[...] desde la perspectiva de los derechos humanos, cuando en la actualidad hablamos de seguridad no podemos limitarnos a la lucha contra la delincuencia, sino que estamos hablando de cómo crear un ambiente propicio y adecuado para la convivencia pacífica de las personas. Por ello, el concepto de seguridad debe poner mayor énfasis en el desarrollo de las labores de prevención y control de los factores que generan violencia e inseguridad, que en tareas meramente represivas o reactivas ante hechos consumados.” [2]

Por todo lo expuesto, es de vital importancia que las políticas públicas orientadas a la seguridad incorporen los avances tecnológicos para así lograr una implementación eficaz y eficiente. Es así que esta investigación tiene como enfoque utilizar técnicas basadas en Inteligencia Artificial, más precisamente los Algoritmos Genéticos para prevenir la mayor cantidad de delitos posibles.

2. Metodología

El presente trabajo implementa una rama de la Inteligencia Artificial (IA) -los Algoritmos Genéticos (AG)- que son métodos adaptativos, generalmente usados en problemas de búsqueda y optimización de parámetros, basados en la reproducción sexual y en el principio de supervivencia del más apto. Este principio es combinado con un intercambio de información estructurado, aunque aleatorizado, para constituir así un algoritmo de búsqueda que se asemeje a la originalidad de las búsquedas humanas. [3].

En una primera instancia se realizó un exhaustivo recorrido bibliográfico para detectar indicadores que permitieran medir la incidencia de la IA, específicamente de los AG, en la técnica utilizada para patrullar. Para esta primera etapa se ha centrado la investigación en la Comisaría 1era de la ciudad de Ramallo, provincia de Buenos Aires (Argentina). La misma dispone de 4 patrulleros que cubren una región de 3.84 km² diariamente.

Posteriormente, no solo se analizó la región en estudio, obteniendo datos de la comisaria como de la criminalidad en dicha zona, sino que también se analizaron las distintas formas de aplicar algoritmos genéticos en el problema identificado.

A continuación de la reunión de datos, se ha determinado un sinnúmero de variables que influyen en la mejor forma de aplicar los AG al problema. Para esta primera instancia, se simplifica a un modelo matemático más básico, definiéndose así las siguientes variables: la distancia en kilómetros recorrida por cada patrullero (D) y la cantidad de Hot Spots (HS) visitados, definidos estos como las zonas más propensas a que ocurra un delito a partir de las denuncias recibidas en la dependencia policial.

En base a estas variables se ha definido el modelo matemático utilizando una función de aptitud:

$$FA = \sqrt{HS} + \ln D \quad (1)$$

Tal como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación (APP) que el personal policial pueda tener en sus celulares. Al abrir esta APP inmediatamente se envía una solicitud de ruta al servidor. El servidor ejecuta el AG para generar una población inicial aleatoria de 10 individuos (o cromosomas), para un solo patrullero, donde cada uno es un arreglo de puntos dentro de la ciudad, conformados por su latitud y longitud.

A su vez, existe ya almacenado un arreglo con ubicaciones específicas de los HS de la ciudad, otorgados por la comisaria. De este modo, el cromosoma final para el patrullero queda conformado por algunas posiciones aleatorias dentro de la ciudad y por algunas posiciones de HS, aseverando la presencia del mismo en al menos una zona con mayor propensión al delito. Gracias al procedimiento anterior, se puede también conocer cuántos HS va a tener un recorrido, consiguiendo así el valor de la variable HS.

A continuación, una vez que se obtuvieron las 5 posiciones finales, se calcula la distancia del recorrido que las conecta, con el fin de obtener la variable D para poder calcular la función de aptitud de cada uno de los cromosomas.

A cada cromosoma se le asigna un valor calculado con esta función, al cual se lo denomina fitness. Luego, en función del fitness es posible elegir la ruta más eficiente para los patrulleros. Finalmente, se utilizan dos de los principales operadores de los AG. El crossover, el cual consiste en el intercambio de material genético entre dos o más cromosomas, para este proyecto se utiliza específicamente el crossover de 1 solo punto, y la mutación, la cual consiste en elegir aleatoriamente una posición del cromosoma y modificar su contenido.

Como se expresó anteriormente, este trabajo no solo se enfoca en la generación de rutas de patrullaje si no también en la optimización de estas. Para lograr esto último, se aplica el método de elitismo. Este método pretende asegurar que aquel o aquellos individuos que son los mas aptos de la población actual sobrevivan y continúen participando en el proceso evolutivo, pasando a la siguiente generación sin recombinarse ni mutarse. El elitismo es importante ya que garantiza la convergencia del AG [4].

Luego de 20 iteraciones se selecciona el cromosoma con mayor fitness de la ultima generación. Este cromosoma será el que contenga el recorrido que posteriormente se presentará al personal policial mediante la APP.

El proceso anteriormente descrito puede sintetizarse en el siguiente algoritmo:

Algoritmo: Pseudocódigo del AG

- 1: Recuperar todos los policías de la misma estación que el policía ingresado;
 - 2: **Para** policía en policías **hacer**
 - 3: **Para** x mientras x < 10 **hacer**
 - 4: Generar cromosoma;
 - 5: Calcular y asignar fitness al cromosoma
 - 6: Agregar el cromosoma al arreglo de cromosomas
 - 7: **Fin para**
 - 8: **Para** i mientras i < 20 **hacer**
 - 9: Realizar crossover y mutación
 - 10: Aplicar elitismo
 - 11: **Fin para**
 - 12: **Fin para**
 - 13: Seleccionar cromosoma con mayor fitness
-

Para este proyecto se ha utilizado Xamarin Forms, programado en el lenguaje de programación C#, Python con su framework Django, que será el encargado de la comunicación del aplicativo con la API de Google y de la generación de recorridos con AG. También se implementará Nodejs para la comunicación en tiempo real en conjunto con la base de datos MySQL.

Considerando los resultados obtenidos, se plantea en una futura instancia expandir el proyecto considerando aplicarlo a diversas regiones con distintos parámetros tales como la cantidad de patrulleros o una mayor o menor área para cubrir. Asimismo, se propone agregar funcionalidades a la aplicación, como la actualización de las rutas en tiempo real en caso de la ocurrencia de un acto delictivo con el fin de lograr la redistribución óptima de las patrullas disponibles en toda la zona y registrar la ubicación de los delitos ocurridos a fines de poder actualizar constantemente la variable HS.

3. Resultados

Para este trabajo se plantea un caso de estudio situado en la ciudad de Ramallo donde los patrulleros recorren la zona a una velocidad constante de 25km/h, sin tener en cuenta el tráfico ni las paradas adicionales que podrían llegar a realizar. En la Tabla I se listan los parámetros utilizados para obtener las óptimas rutas de patrullaje.

Tabla I. Parámetros utilizados para el algoritmo genético desarrollado.

Descripción	Valores utilizados
Tamaño de la población	10
Cantidad de iteraciones	20
Tipo de cruce	Crossover de 1 punto
Tipo de mutación	Al azar
Probabilidad de cruce	0.75
Probabilidad de mutación	0.05
Método de selección	Por ruleta
Función de aptitud	$FA = \sqrt{HS} + \ln D$

Se han considerado cuatro escenarios distintos, en los cuales se han cambiado la cantidad de patrulleros disponibles. En la Figura 1, se muestra la ruta de patrullaje con un solo patrullero para toda la ciudad. Allí puede observarse que se intenta cubrir la mayor cantidad de área posible. En las Figuras 2 y 3, se presenta el recorrido para dos patrulleros. Luego en las Figuras 4, 5 y 6 el recorrido para tres patrulleros y por último en las Figuras 7, 8, 9 y 10, se muestra el recorrido para 4 patrulleros.

Para todos los casos, mediante los puntos A, B, C y D, que se obtuvieron del algoritmo, se forma el recorrido, exhibido en las imágenes en color azul, que se le presentara al personal policial.

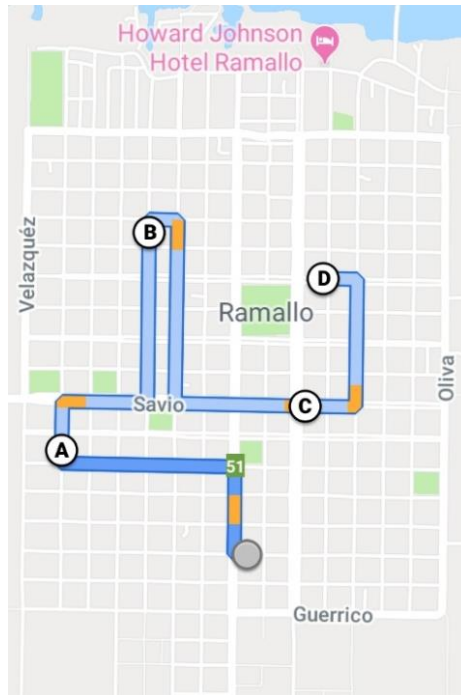


Figura 1. Ruta de patrullaje para un solo patrullero

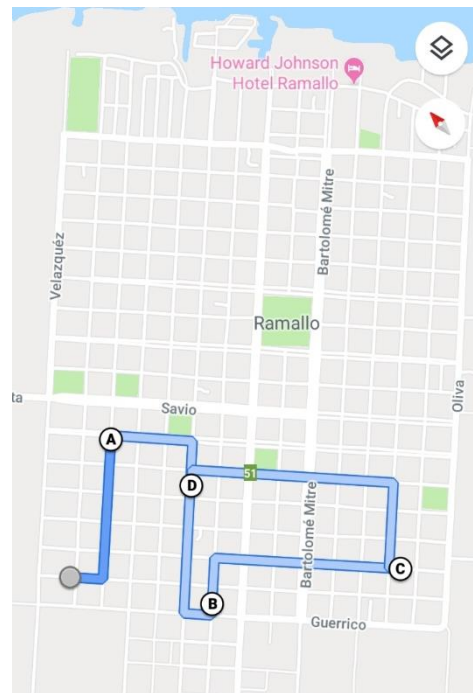
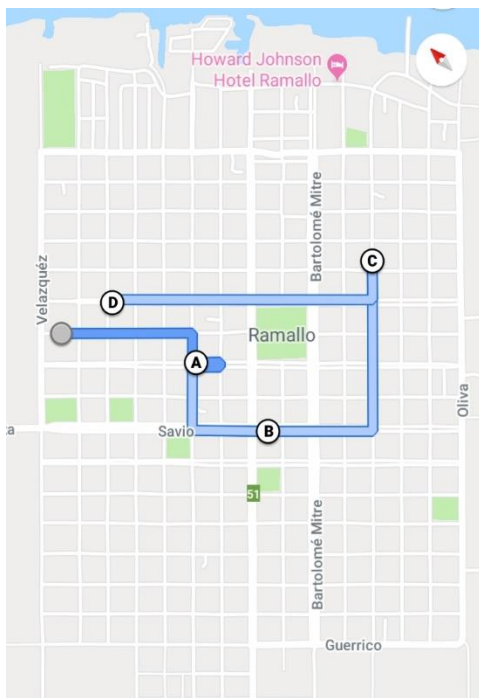
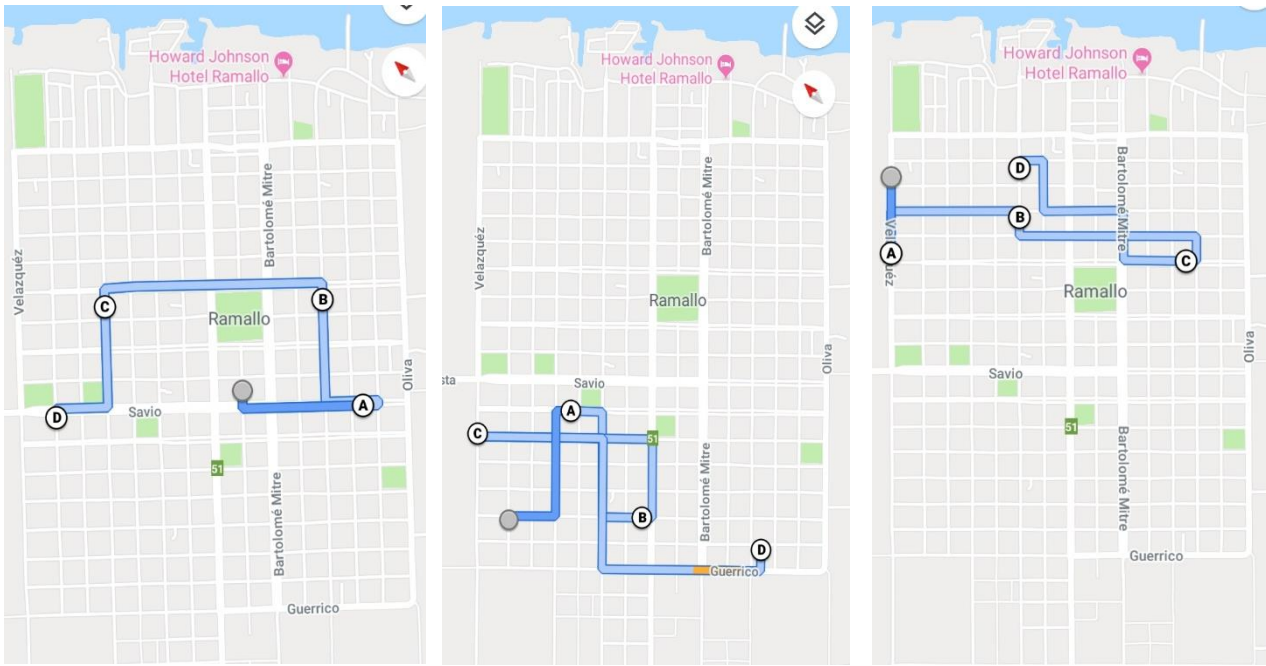
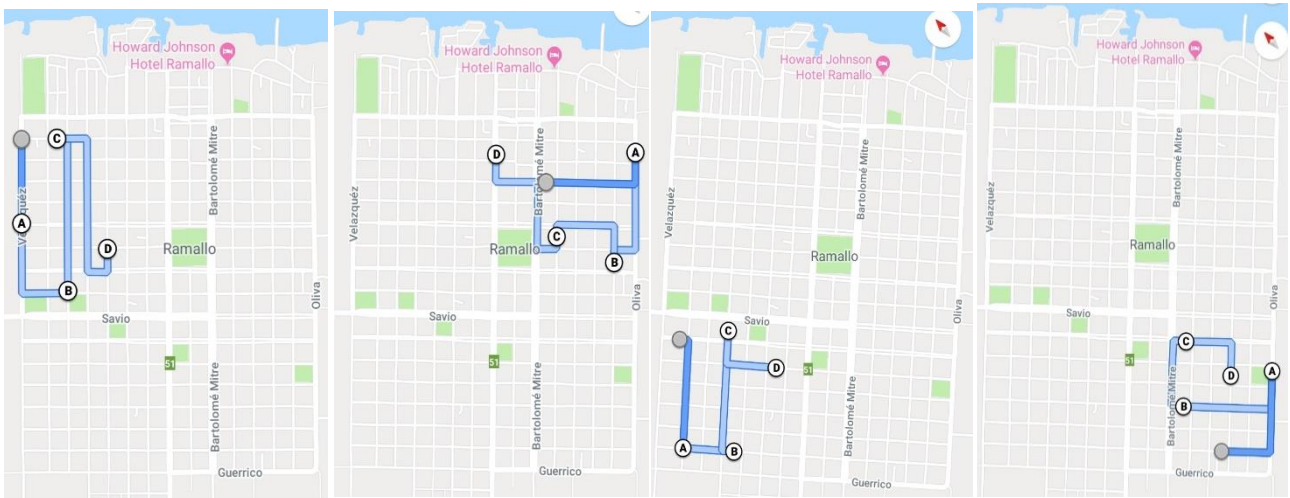


Figura 2 y Figura 3. Ruta de patrullaje para dos patrulleros



Figuras 4,5 y 6. Ruta de patrullaje para tres patrulleros



Figuras 7,8,9 y 10. Ruta de patrullaje para cuatro patrulleros

A continuación, se detalla cómo se evalúan los cromosomas en función de sus parámetros con la Función de Aptitud previamente definida. La Tabla II representa así la población inicial que, luego de aplicarle el AG, nos dará como resultado un único cromosoma que representará el recorrido más óptimo para que realice el patrullero. Este recorrido es el que se muestra en las Figuras 1-10.

Tabla II. Cromosomas con su respectivo fitness

CROMOSOMA 1	DISTANCIA: 1KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 3	FITNESS: 1.73
CROMOSOMA 2	DISTANCIA: 3.2 KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 2	FITNESS: 2.57
CROMOSOMA 3	DISTANCIA: 4.1KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 1	FITNESS: 2.41
CROMOSOMA 4	DISTANCIA: 2.9KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 3	FITNESS: 2.79
CROMOSOMA 5	DISTANCIA: 1.5KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 1	FITNESS: 1.40
CROMOSOMA 6	DISTANCIA: 0.3KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 0	FITNESS: -1.20
CROMOSOMA 7	DISTANCIA: 0.9KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 1	FITNESS: 0.89
CROMOSOMA 8	DISTANCIA: 0.9KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 2	FITNESS: 1.30
CROMOSOMA 9	DISTANCIA: 2.3KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 3	FITNESS: 2.56
CROMOSOMA 10	DISTANCIA: 4.8KM CANTIDAD DE HOT SPOTS: 3	FITNESS: 3.30

Analizando los cromosomas se ha podido observar que en casos donde la distancia es la misma (cromosoma 7 y 8) pero varía la cantidad de HS, el cromosoma con mayor cantidad de HS tendrá un mayor fitness. Es menester destacar que no siempre tener mayor cantidad de HS se traduce en un mayor fitness, ese es el caso de los cromosomas 1 y 3. Si bien el cromosoma 1 visita 2 HS más que el cromosoma 3, realiza 3.1 km menos de recorrido, en estos casos, el cromosoma con mayor distancia será el que tenga mayor fitness.

Puede arribarse a la conclusión de que la FA logra un balance entre la distancia recorrida y la cantidad de HS que visita un patrullero.

Por último, cabe señalar que, gracias al elitismo aplicado en el algoritmo, el cromosoma 10, cuyo fitness es el mayor de entre los 10 cromosomas, pasa a la siguiente generación sin sufrir ninguna modificación.

4. Discusión

Dentro de la temática abordada se han encontrado algunos artículos que mencionan rutas de patrullaje en problemas similares, sin embargo, existen algunas diferencias entre estos proyectos. En algunos de ellos [5] se expone la idea de patrullar sobre un perímetro y no sobre un área determinada. Además, se orienta la investigación a la Teoría de Juegos, donde se plantea el problema como un juego no cooperativo, donde existe uno o más patrulleros y un intruso. Se asume que el intruso está en una posición en donde observa repetidamente las acciones de los patrulleros y ataca el lugar en el momento en que tenga la menor probabilidad de ser capturado.

Por el contrario, este proyecto se orienta más a la vigilancia de la zona.

Se ha tomado como referencia otros artículos [5 y 6] para definir una de las variables más influyentes en nuestro proyecto, la cual es la cantidad de HS que un patrullero visita. En el primero de ellos [5] se afirma que el intruso tiene ciertas preferencias sobre dónde atacar. Luego [6] se expone algo similar, con la diferencia de que hace énfasis en la probabilidad de selección de objetivos de un intruso. En base a estas bibliografías se han podido identificar los HS de la región en cuestión.

Con el fin de simplificar el desarrollo de la aplicación móvil en esta primera instancia se han obviado algunas variables que pretenden, en un futuro, tenerse en cuenta, tales como la densidad de población, los factores considerados detractores o facilitadores de la seguridad, cambios de horarios, entre otros.

5. Conclusiones

Este proyecto no es más que un anhelo de utilizar una de las tecnologías existentes -la Inteligencia Artificial- con el fin de fortalecer el pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad y asegurar un ambiente de paz, libre de violencia, sin la necesidad de quitar puestos de trabajo.

Se hace un especial énfasis en el hecho de que se ha podido abordar una temática tan importante como inexplorada en nuestro país implementando esta herramienta fundamental del siglo XXI, adaptándola a una situación cotidiana, como lo es el patrullaje con miras a la optimización de los recursos disponibles.

Reconocimientos

Agradecemos a la Lic. Ayelén Ferrari, a la Ing. Daniela Diaz y al Ing. Víctor Lombardo por sus sugerencias y colaboración.

Bibliografía

[1] Vásquez, M. (2015), Hacia una conceptualización de la seguridad ciudadana. En: Políticas públicas y seguridad ciudadana. Buenos Aires: Eudeba

[2] Comisión Interamericana de Derechos Humanos (2009). Informe sobre Seguridad Ciudadana y Derechos Humanos. Organización de Estados Americanos (OEA). Web: <https://www.cidh.oas.org/countryrep/Seguridad/seguridadindice.sp.htm>

[3] Gestal, M., Rivero, D., Rabuñal, J. R., Dorado, J., & Pazos, A. (2010). Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética. Universidad de la Coruña, España.

[4] Diaz, D (2013). Introducción a los algoritmos genéticos. Universidad Tecnológica Nacional, FRRO, Argentina

[5] Basilico, N., Gatti, N., Amigoni, F. (2009). A Formal Framework for Mobile Robot Patrolling in Arbitrary Environments with Adversaries. Politecnico di Milano. Ciudad: Milano, Italia.

[6] Melo, A., Belchior, M., Furtado, V. (2006). Analyzing Police Patrol Routes by Simulating the Physical Reorganization of Agents. University of Fortaleza (UNIFOR). Ciudad: Fortaleza, Brazil.