

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES



Modelos Estadísticos de Comportamiento Criminal

11 de Agosto de 2014

Motivación

- Los crímenes no se distribuyen uniformemente en tiempo o en espacio. La distribución tampoco es estacionaria.
- Los lugares en los que ocurren crímenes tienden a situarse como clusters o hot-spots.
- Ocurre el fenómeno de "Broken Windows": los lugares tolerantes con el crimen son atacados en varias oportunidades.
- Existe correlación temporal entre los crímenes: los lugares son criminalizados varias veces en pequeños periodos de tiempo.
- Los hotspots aparecen y desaparecen de forma dinámica en el espacio.

Descripción

- Este modelo se concentrará en robo de residencias, esto significa que los posibles objetivos están ubicados uniformemente en el espacio y esta distribución no cambia en el tiempo.
- Para este modelo se asumirá que las casas están ubicadas en una malla con puntos a una distancia l .
- Cada punto de la grilla $s = (i, j)$ está caracterizado por un grado de atracción $A_s(t)$. Este grado de atracción será proporcional a la probabilidad de que ocurra un crimen.

$$A_s(t) = A_s^0 + B_s(t) \quad (1)$$

Existe un componente estático A_s^0 , relacionado con la geografía y uno dinámico $B_s(t)$, que dependerá de la memoria de crímenes pasados y de los crímenes en lugares contiguos.

Descripción

- En cada intervalo de tiempo $[t, t + \delta t]$, cada criminal escogerá entre cometer un crimen en el punto de la grilla en que se encuentra, o moverse a otro lugar.
- La probabilidad de que el criminal cometa un crimen estará dada por $p_s(t) = 1 - e^{-A_s(t)\delta t}$.
- Si se comete un crimen, el criminal huye y desaparece de la malla.
- Cada momento se generan criminales a una tasa Γ

Descripción

- Si un delincuente no comete un crimen se mueve a un punto vecino en la grilla. Este movimiento es probabilístico y está sesgado hacia lugares con un mayor atractivo.

$$q_{s \rightarrow n} = \frac{A_n(t)}{\sum_{s' \sim s} A_{s'}(t)} \quad (2)$$

Descripción

- El término dinámico va a estar modelado de la siguiente forma

$$B_s(t + \delta t) = (1 - w\delta t)B_s(t) + \theta E_s(t) \quad (3)$$

donde $E_s(t)$ indica el número de crímenes que ocurrieron en el intervalo $[t, t + \delta t]$ en s

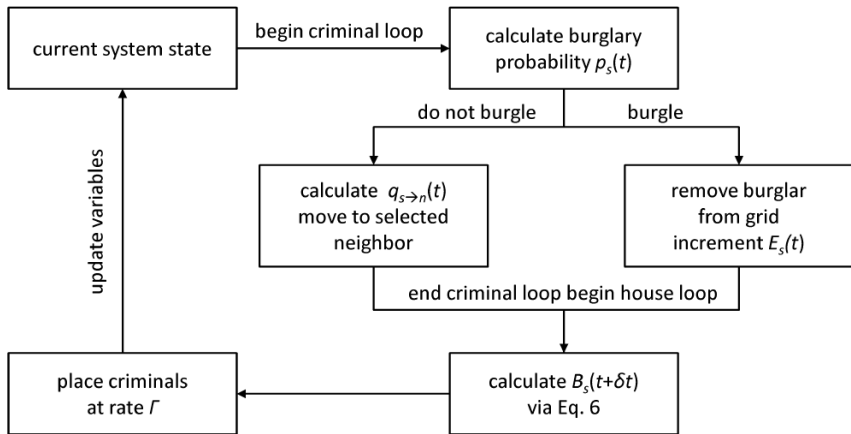
- Esta evolución indica que el cambio en la componente dinámica del atractivo criminal de una casa depende de si han ocurrido o no atracos en esa casa en períodos anteriores.

Descripción

- Para replicar el efecto de las Ventanas Rotas, se modifica la ecuación y se obtiene

$$B_s(t + \delta t) = \left[(1 - \eta)B_s(t) + \frac{\eta}{z} \sum_{s' \sim s} B_{s'}(t) \right] (1 - w\delta t) + \theta E_s(t) \quad (4)$$

Descripción

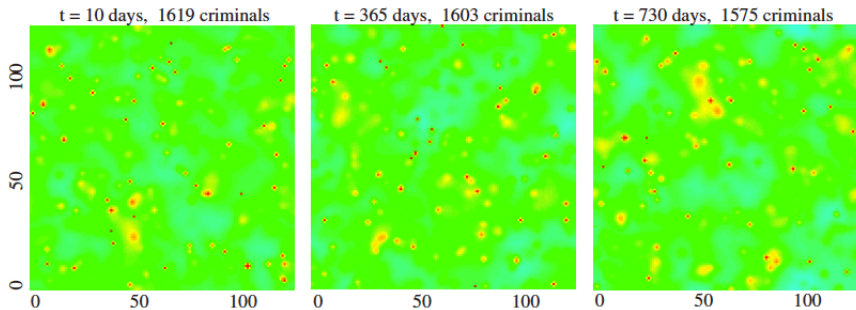


Simulaciones

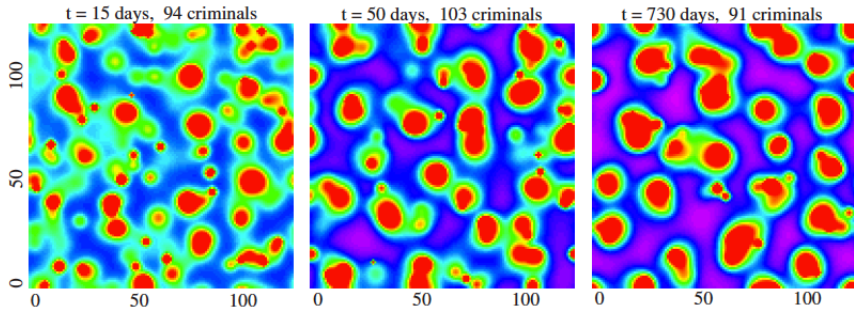
Se hacen simulaciones partiendo de parámetros de lo que sería un estado estacionario. Las simulaciones muestran tres tipos de escenarios:

- Hotspots de atracción que desaparecen rápidamente
- Hotspots de atracción dinámicos
- Hotspots de atracción estáticos

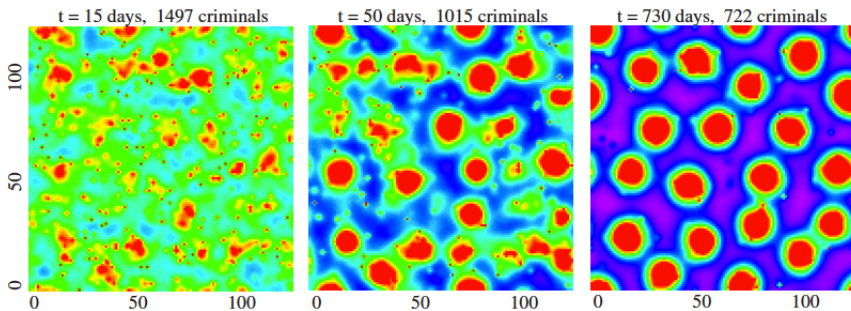
Simulaciones



Simulaciones



Simulaciones



Descripción

- Se obtiene la versión continua del problema

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\eta D}{z} \nabla^2 B - wB + \epsilon D \rho A \quad (5)$$

donde ρ indica la densidad de criminales

- Esta ecuación indica que la atracción que genera un lugar tiene un componente dinámico que cambia con el comportamiento de las regiones vecinas, tiende a desaparecer si no hay efectos externos y aumenta con el número de veces que el sitio es violentado.

Descripción

- De la misma forma, se encuentra una ecuación que representa el comportamiento de la densidad de criminales.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{D}{z} \nabla \cdot \left[\nabla \rho - \frac{2\rho}{A} \nabla A \right] - \rho A + \gamma \quad (6)$$

donde γ indica la velocidad a la que se crean nuevos criminales.

- La ecuación indica que la cantidad de criminales va variando en el tiempo: aumenta con la difusión de criminales de otros lugares, disminuye con criminales que se sienten atraídos por otras zonas, disminuye por los criminales que huyen y aumenta con la creación de criminales.

Descripción

Reescalando los modelos se obtienen las siguientes ecuaciones

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \eta \nabla^2 B - B + \rho A \quad (7)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \nabla \cdot \left[\nabla \rho - \frac{2\rho}{A} \nabla A \right] - \rho A + \bar{B} \quad (8)$$

Modificaciones del modelo

- Se debe estimar la densidad de blancos, que cambia en el tiempo y en el espacio.

Modificaciones del modelo

- Se debe estimar la densidad de blancos, que cambia en el tiempo y en el espacio.
- Se debe calcular la atracción estática de cada lugar. Esto puede hacerse por un método análogo a máxima verosimilitud usando la información.

Modificaciones del modelo

- Se debe estimar la densidad de blancos, que cambia en el tiempo y en el espacio.
- Se debe calcular la atracción estática de cada lugar. Esto puede hacerse por un método análogo a máxima verosimilitud usando la información.
- La atracción también deberá depender de la presencia policiaca y de otros factores que motivan y desmotivan el crimen, pero que cambian dinámicamente en el tiempo.

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Se obtiene una distribución del crimen que depende de la vigilancia policiaca, así que se puede optimizar la ubicación geográfica del patrullaje.

Desventajas

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Se obtiene una distribución del crimen que depende de la vigilancia policiaca, así que se puede optimizar la ubicación geográfica del patrullaje.
- Es posible estudiar los componentes no dinámicos de la probabilidad del crimen, eliminando el ruido generado por otros fenómenos temporales.

Desventajas

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Se obtiene una distribución del crimen que depende de la vigilancia policiaca, así que se puede optimizar la ubicación geográfica del patrullaje.
- Es posible estudiar los componentes no dinámicos de la probabilidad del crimen, eliminando el ruido generado por otros fenómenos temporales.

Desventajas

- Se debe calibrar un gran número de parámetros, esto puede llevar a una sobreestimación de la información.

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Se obtiene una distribución del crimen que depende de la vigilancia policiaca, así que se puede optimizar la ubicación geográfica del patrullaje.
- Es posible estudiar los componentes no dinámicos de la probabilidad del crimen, eliminando el ruido generado por otros fenómenos temporales.

Desventajas

- Se debe calibrar un gran número de parámetros, esto puede llevar a una sobreestimación de la información.
- Es necesario modelar el efecto de distintos factores de forma independiente: el efecto de la policía, ubicación de colegios, hospitales, cajeros, parques, etc.

Otras Propuestas

- Modelación de la probabilidad de crimen usando Kernels suavizados en el tiempo y Dual-Kernel-Analysis.

Otras Propuestas

- Modelación de la probabilidad de crimen usando Kernels suavizados en el tiempo y Dual-Kernel-Analysis.
- Con la estimación de la probabilidad de crimen y con factores geográficos, se pueden usar metodologías paramétricas y no paramétricas para encontrar patrones en los datos.

Otras Propuestas

- Modelación de la probabilidad de crimen usando Kernels suavizados en el tiempo y Dual-Kernel-Analysis.
- Con la estimación de la probabilidad de crimen y con factores geográficos, se pueden usar metodologías paramétricas y no paramétricas para encontrar patrones en los datos.
- Las redes neuronales explotan la ubicación geográfica de los crímenes.

Otras Propuestas

- Modelación de la probabilidad de crimen usando Kernels suavizados en el tiempo y Dual-Kernel-Analysis.
- Con la estimación de la probabilidad de crimen y con factores geográficos, se pueden usar metodologías paramétricas y no paramétricas para encontrar patrones en los datos.
- Las redes neuronales explotan la ubicación geográfica de los crímenes.
- Es posible encontrar reglas de asociación usando el algoritmo a priori, y se puede estudiar y recrear la distribución del crimen usando máquinas de Boltzman.

Reglas de Asociación

- Es una metodología que intenta encontrar asociaciones entre distintas variables.
- Se divide la zona geográfica por la probabilidad de ocurrencia de un crimen para después encontrar relaciones entre esta variable y la presencia de elementos en la geografía.
- Aunque la metodología no permite desarrollar una herramienta de predicción del crimen, puede arrojar relaciones interesantes que necesiten de una explicación económica

Reglas de Asociación

$$\left[\begin{array}{l} \text{language in home} = \textit{English} \\ \text{householder status} = \textit{own} \\ \text{occupation} = \{\textit{professional/managerial}\} \end{array} \right]$$

⇓

$$\text{income} \geq \$40,000$$
$$\left[\begin{array}{l} \text{language in home} = \textit{English} \\ \text{income} < \$40,000 \\ \text{marital status} = \textit{not married} \\ \text{number of children} = 0 \end{array} \right]$$

⇓

$$\text{education} \notin \{\textit{college graduate, graduate study}\}$$

Modelos Sobre la Grilla

- Después de hacer una estimación por kernels, se usan modelos para encontrar relaciones entre la geografía y la probabilidad de ocurrencia de los crímenes.
- Los modelos aditivos generalizados permiten relaciones mucho más generales que las que se encuentran en un modelo de regresión lineal.
- Un Arbol Aleatorio es capaz de trabajar rápidamente con un conjunto grande de variables predictoras sin problemas serios de sobreajuste.
- Las Redes Neuronales explotan la ubicación espacial de distintos elementos dentro de una zona. Son buenos predictores pero por su complejidad no permiten una interpretación sencilla.