

INFERENCIA ESTADÍSTICA EN PROCESOS PUNTUALES ESPACIALES. APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE INCENDIOS FORESTALES EN GALICIA.

Proyecto Fin de Máster

Máster en Técnicas Estadísticas

Autora: Isabel Fuentes Santos

Directores: Wenceslao González Manteiga y Manuel F. Marey Pérez

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales suponen uno de los principales problemas medioambientales a los que se enfrenta la sociedad actual y en particular Galicia. El objetivo de este trabajo es utilizar la metodología estadística desarrollada en procesos puntuales espaciales para analizar y modelar su comportamiento. Con este fin, se han aplicado distintas técnicas de análisis e inferencia en procesos puntuales espaciales al conjunto de datos correspondiente a los incendios forestales registrados en el distrito Fonsagrada- Ancares en el periodo 1991-2008.

BASE DE DATOS

La base de datos consta de 4764 incendios forestales registrados en el periodo 1991-2008 y clasificados según su causa (4153 intencionados, 279 debidos a causas naturales, 197 de origen desconocido) y tipo, de acuerdo a la definición del PLADIGA 2008 (2909 conatos, 686 incendios y 1169 quemas)

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En primer lugar se ha contrastado la hipótesis de aleatoriedad espacial completa (CSR) combinando un test Chi-cuadrado (quadrat counts) con tests de Monte Carlos basados en las distribuciones de espacio vacío, vecino más próximo y K-función. La aplicación de estos tests a los diseños correspondientes a todos los fuegos, las tres causas posibles y los tres tipos, indican que debemos rechazar la CSR mostrando además evidencias de clustering en cada uno de los diseños.

Tras rechazar CSR, se elimina la hipótesis de intensidad constante y suponemos un proceso Inhomógeno de Poisson (IPP). Se calcula el estimador no paramétrico de la intensidad variable:

$$\hat{\lambda}_h(x) = \frac{1}{p_h(x)} \sum_{i=1}^n k_h(x - X_i) = \frac{1}{p_h(x) h^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

donde k es la función núcleo, $p_h(x) = \int_A h^2 k(x-u)/h du$ el corrector de frontera y h el parámetro de suavizado. Se ha utilizado un núcleo Gaussiano, seleccionando la ventana óptima mediante la aproximación bootstrap del MISE. A continuación se estima la K-función inhomógena mediante:

$$\hat{K}_{inhom}(t) = \frac{1}{|A|} \sum_{x_i \in X \cap A} \sum_{x_j \in X \cap A \setminus x_i} \frac{I(\|x_i - x_j\| \leq t)}{\hat{\lambda}(x_i) \hat{\lambda}(x_j) w_{ij}}$$

Y se aplica el test de independencia basado en esta función. El estimador de la intensidad obtenido para los fuegos intencionados indica que el sureste de la región es especialmente conflictivo, mientras el K-test inhomógeno muestra indicios de clustering con radio de interacción de 2 km.

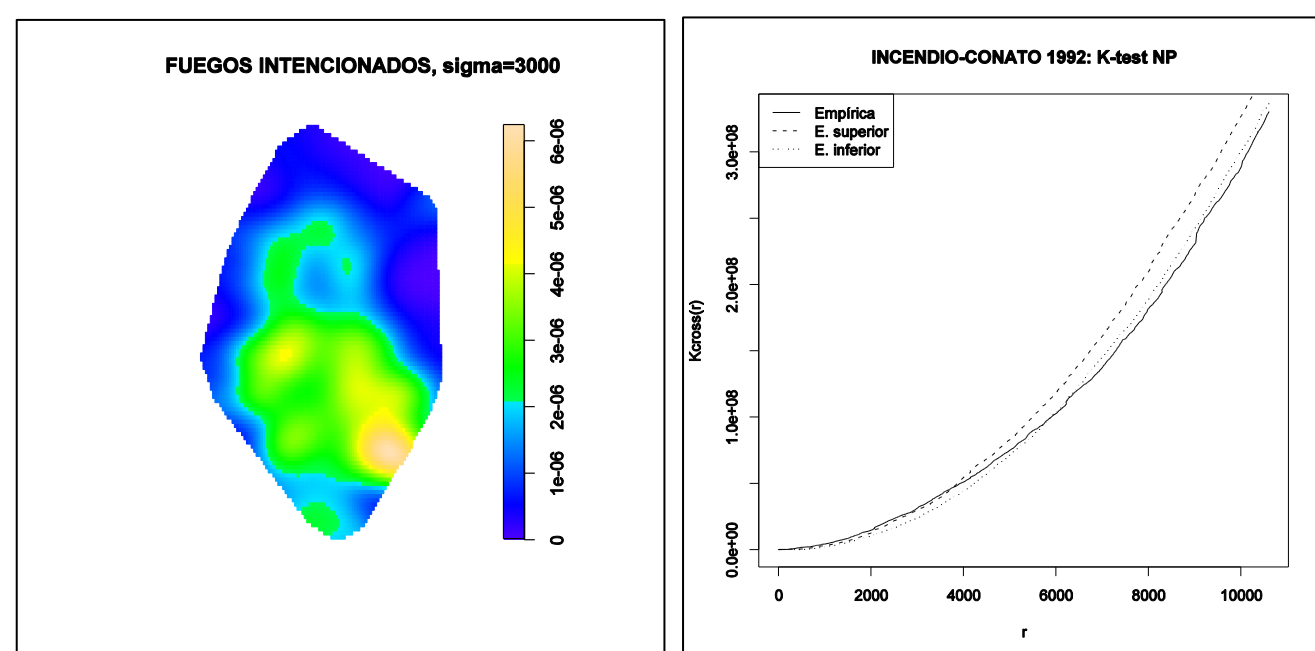


Gráfico 1: Estimador no paramétrico y K-test inhomógeno de la intensidad para los fuegos intencionados registrados en el periodo 1991-2008.

Para analizar la interacción entre distintos tipos de eventos, se aplica un test de Monte Carlo basado en la K-cross, que se define como:

$$K_{ij}(t) = \lambda_j^{-1} E \left[\begin{array}{l} \text{eventos de tipo } j \text{ a una distancia menor que } t \\ \text{de un evento de tipo } i \text{ arbitrario} \end{array} \right]$$

El test basado en la K-cross (gráfico 2-izqda) muestra interacción positiva entre incendios y conatos, con radio de interacción de 3 km, confirmando la teoría de que los pirómanos tratan de provocar un incendio reiteradamente hasta que lo logran. Por otra parte en el gráfico 2-drcha los L-índices muestran que no hay dependencia espacial entre los fuegos de un año y el siguiente.

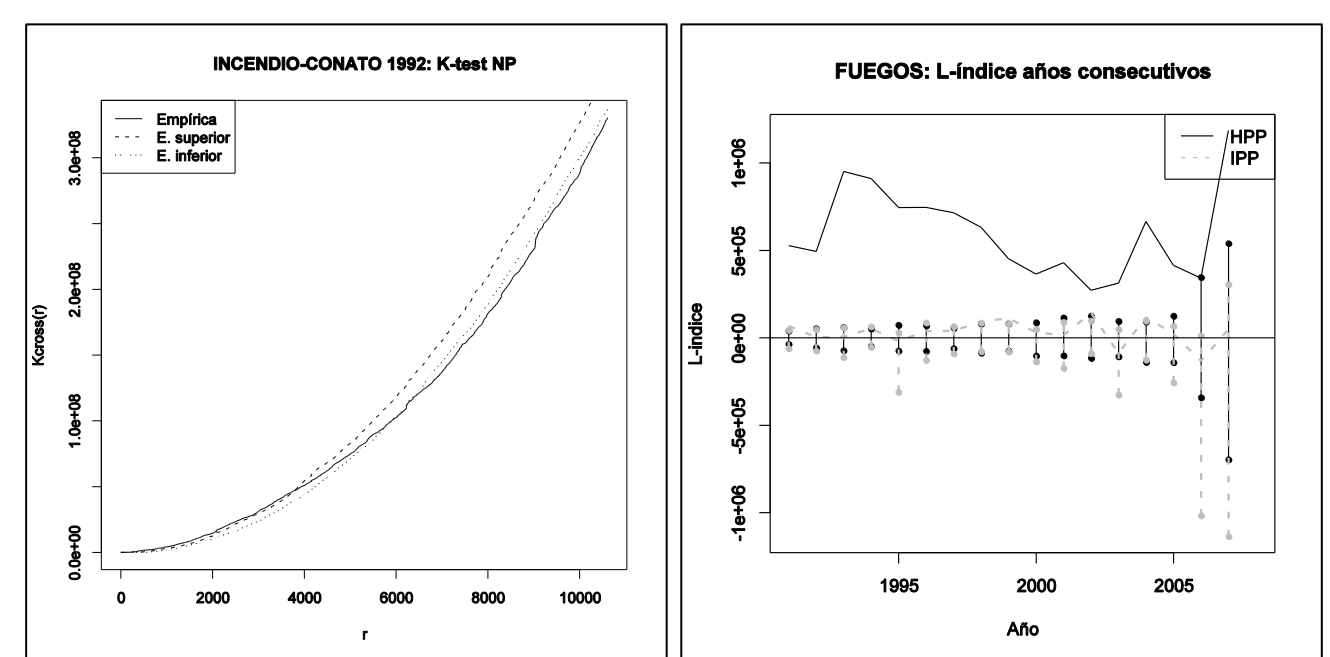


Gráfico 2: K-cross inhomógeno incendios-conatos 1992 (izqda). L-índice para años consecutivos (drcha).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en la sección anterior muestran la utilidad de los procesos puntuales espaciales en el estudio del comportamiento del fuego. Así podemos concluir que, aunque suponiendo que nuestros datos corresponden a un IPP se ajusta razonablemente la estructura espacial de los fuegos, hay indicios de interacción espacial y dependencia entre conatos e incendios, esto sugiere que el siguiente paso del análisis sería proponer un modelo inhomógeno con interacciones tipo Neyman-Scott.

REFERENCIAS

- Baddeley, A. and Turner, R. (2005). *Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns*. *Journal of Statistical Software* 12: 6 1-42.
- Cowling, A., Hall, P. and Phillips, M.J. (1996). *Bootstrap confidence regions for the intensity of a Poisson point process*, *J. Amer. Statist. Assoc.* 91, pp. 1516-1524.
- Hering, A.S., Bell, C.L., and Genton, M.G. (2009), *Modeling spatio-temporal wildfire ignition point patterns*. *Environmental and Ecological Statistics*, Special Issue on Statistics for Wildfire Processes, 16, 225-250.
- Mateu, J., Gregory P., Juan, P., Saura F. y Calle, A.. (2006). Modelos espacio-temporales para la evaluación y caracterización de índices de riesgo de incendios forestales en la Comunidad Valenciana. *Davalos-Fletcher*. ISBN: 84-689-7396-3. Depósito Legal: CS-85-2006.

Gracias a mis directores por el apoyo y la ayuda prestada para la realización de este trabajo.

Santiago de Compostela

17 de julio de 2009