

**Autor/s:** Trilles, S.\*, Juan, P.\*\*, Díaz, L.\*, Huerta, J.\*  
**Títol:** Integración de modelos medioambientales en infraestructuras de datos espaciales: Un caso de uso en predicción de incendios  
**Publicat a:** Revista Catalana de Geografia  
IV època / volum XVII / núm. 44 / febrer 2012  
**Font:** II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales. Barcelona, novembre 2011  
**URL:** <http://www.rcg.cat/articles.php?id=218>

## **INTEGRACIÓN DE MODELOS MEDIOAMBIENTALES EN INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES: UN CASO DE USO EN PREDICCIÓN DE INCENDIOS**

Sergio Trilles<sup>1</sup>, Pablo Juan Verdoy<sup>2</sup>, Laura Díaz<sup>1</sup>, Joaquín Huerta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of New Imaging Technologies

<sup>2</sup> Departament de Matemàtiques  
Universitat Jaume I

### **1. Introducción**

Hoy en día los incendios forestales son unas de las principales amenazas medioambientales más crecientes a las que nos exponemos[2]. Esto produce la pérdida de bienes humanos y lo que es peor, la destrucción de la parte boscosa que nos rodea.

Hoy en día es común utilizar herramientas informáticas en la mayoría de las áreas de trabajo. El campo de los incendios forestales no es la excepción. Tal vez, las herramientas más comunes y más utilizadas son los simuladores, los cuales tratan de imitar el comportamiento del fuego durante un incendio forestal (donde el tipo de combustible a incendiar se considera continuo y uniforme[3]). Estas herramientas pueden ser utilizadas tanto para la toma de decisiones durante un incendio como para el estudio de cómo se propagaría el fuego en un determinado lugar y así poder mejorar las medidas preventivas [4], etc.

Por otra parte, otro objetivo de este proyecto es compartir dichos modelos medioambientales. Esto enriquecerá las tareas de prevención de incendios que se desarrollan en un futuro.

En [1] se definen los modelos medioambientales de predicción de riesgos de incendios en los que este sistema será capaz de ejecutar. Dichos modelos son ejecutados en R<sup>1</sup> [21], programa estadístico, esto hace que el sistema tenga la capacidad de ejecutar dichos modelos de forma totalmente desacoplada al entorno R.

### **2. Estado del arte**

Actualmente, son muchos los trabajos relacionados con la temática de incendios. Esto se debe en gran medida a que hoy en día es un campo de estudio latente ya que no se ha conseguido resultados definitivos para la predicción y simulación de incendios. Según [5] esta temática se divide en dos principales ramas:

- Simulación de incendios: mejorar la efectividad de la lucha contra el frente del fuego durante un incendio.
- Análisis de Riesgo o Predicción: obtener mapas de riesgo que obtienen el peligro de incendio de distintas regiones basándose en condiciones meteorológicas y en factores humanos. Como nuestro estudio se encuentra dentro de este grupo a continuación detallaremos los trabajos realizados.

Son muchos los trabajos realizados para obtener las tasas de riesgo de incendio. Los parámetros que se suelen utilizar para estos modelos, son parámetros conocidos y controlados por agentes forestales como es la densidad del arbolado, composición de especies o el uso del suelo. La utilización de estas variables es debido a que se ha demostrado que tiene cierta relación de producirse un incendio [6] [7] [8] [9] [10]. Otro factor tenido en cuenta son las condiciones climáticas, ya que se ha estudiado que está directamente relacionado [11].

El cambio en el clima también parece estar influyendo directamente en el comportamiento del fuego [11]. También es influyente la estacionalidad de los incendios, bien sea por causas naturales [12] o por prácticas socioeconómicas [13], dándose la circunstancia de que muchas áreas son castigadas por el fuego por debajo del periodo de rotación de la zona, concentrándose los mayores fuegos en zonas específicas.

Así pues, la probabilidad de incendio depende de dos factores complejos como son:

- Condiciones climáticas [14] [15] [16].
- Tipo y estructura de la vegetación [17] que en algunos casos favorece y en otros casos parece frenar su avance [18] y que en las zonas de referencia están totalmente relacionadas con las condiciones socioeconómicas [19] [20].

La existencia de correlaciones entre variables climáticas y parámetros de posición tales como longitud, latitud, altitud, pendiente y orientación implica que estos parámetros pueden sustituir a las variables climáticas en la elaboración de modelos.

Para nuestro trabajo hemos utilizado el estándar WPS (Web Processing Service), estos fueron diseñados para estandarizar la forma de ofrecer cálculos GIS a través de Internet. Este estándar proporciona reglas para describir cualquier cálculo (proceso), así como la forma de realizar peticiones al servicio y la respuesta que ofrece. La especificación de los WPS fue publicada por OGC en 2004 y en 2007 la versión 1.0.0 [21].

Un WPS proporciona acceso a operaciones o cálculos de datos geoespaciales, de distinta complejidad, mediante Servicios Web como interfaces. Puede contener operaciones para tratar tanto datos vectoriales como matriciales, provenientes de la red o del propio servidor.

### 3. Modelos medioambientales

El objetivo del código de predicción es utilizar la metodología estadística desarrollada en procesos espaciales [1] para analizar y modelar el comportamiento de cualquier incendio. Si a cada incendio asociamos sus coordenadas espaciales longitud y latitud del centroide de la zona quemada, junto con otras variables como la pendiente, contorno de la zona a analizar, la orientación, la elevación o usos, controlando la temporalidad de los incendios, podemos identificar el conjunto de incendios forestales mediante un proceso estocástico espaciotemporal.

Estos procesos llamados procesos puntuales espaciales son un modelo estocástico que genera un número infinito de eventos  $\{x_i, i = 1 \dots n\}$  en un conjunto X. Si estos eventos tienen asociadas medidas o marcas tenemos un proceso puntual con marcas.

Para este trabajo, hemos utilizado dos tipos de procesos puntuales, Poisson inhomogeneo y Area Interaction.

### 4. Diseño e implementación de un servicio de procesamiento para la predicción de riesgo de incendio

Como propuesta hemos diseñado un servicio web que implementa una interfaz basada en la especificación de estándar Web Processing Service (WPS) de OGC. Se ha demostrado que esta interfaz mejora la interoperabilidad del procesamiento en infraestructuras de datos espaciales basadas en estándares internacionales [22] [23]. De las implementaciones de código abierto existentes del estándar hemos reutilizado la ofrecida por 52North<sup>2</sup>.

El primer paso para describir el proyecto son las entradas al sistema. Si analizamos los modelos medioambientales vemos que sus entradas y salidas no son estándares en el mundo SIG, ya que éste tiene como entrada ficheros de texto con las diferentes entradas y salidas.

Se ha definido que las entradas al WPS no sean los ficheros de texto no estructurado por ser más sensible a error, los datos espaciales de entrada están codificados en uno de los formatos espaciales más extendidos como es el ESRI shapefile<sup>3</sup>. La última entrada al sistema, números de modelos, nos indica el número de los algoritmos que se quieran ejecutar. Estos números corresponden con cada uno de los modelos definidos previamente (Tabla 1).

De esta forma las entradas del WPS quedarán como muestra la Figura 1. Por otra parte los parámetros de salida de los modelos previamente devueltos como ficheros de texto, serán devueltos en un formato estándar para incrementar su interoperabilidad con diferente software GIS. El formato elegido para devolver la predicción de riesgo obtenida para cada método es KML<sup>4</sup>. Además también se tendrá como salida la gráfica obtenida para cada modelo aplicado.

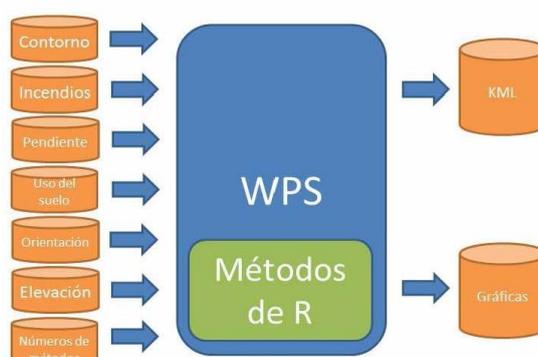


Figura 1. Entradas y salidas del sistema.

Núm.	Modelo
1	Poisson con polinomio X Y
2	Poisson con polinomio X Y 2
3	Poisson con la covariable elevación
4	Poisson con la covariable usos
5	Poisson con todas las covariables
6	Area Interaction con polinomio X Y
7	Area Interaction con elevación
8	Area Interaction con usos
9	Area Interaction con todas las covariables

Tabla 1. Modelos de predicción de riesgo de incendios definidos.

A continuación hablaremos de cuáles son los pasos que realiza el WPS una vez ejecutado. La Figura 2 muestra estos pasos.

El primer paso, ya dentro de nuestro algoritmo, es comprobar que todas las entradas son correctas. Para no tener más problemas de incompatibilidad de momento todas las entradas son obligatorias.



Figura 2. Principales pasos del WPS.

El segundo paso es lanzar la rutina de eliminación de carpetas temporales de otras ejecuciones anteriores. Se ha previsto esta rutina para tener siempre limpio el servidor, aunque se eliminen los ficheros que no son necesarios, las salidas continúan en la carpeta temporal. Con esta rutina lo que se pretende es eliminar las carpetas que hayan sido creadas hace ciertos días y mantener limpio el servidor.

El tercer paso, es la descompresión de los *shapefiles* y el tratamiento de ellos para generar lostxt de entrada al proceso de R. Es un proceso algo costoso ya que la información geográfica suele tener mucho tamaño.

El cuarto paso es llamar al proceso de R para su ejecución. Éste está previsto en varios sistemas operativos tanto en Windows como en Unix siempre que tengan las librerías necesarias. Como ya se ha comentado anteriormente los modelos de predicción de incendios están implementados en R, más concretamente tienen que ejecutarse en la versión 2.9.2. Se han de instalar las librerías *splancs* y *spatstat* de R. Además también es necesario el paquete de *ghostscript* para la generación de imágenes desde el propio R. De esta forma es necesario ejecutar desde el WPS un proceso con R, obteniéndose con el comando *Rscript*. Éste nos permite ejecutar una especie de scripts pero de R.

Además el proceso se llama con argumentos. El primero de ellos es la ruta de dentro del servidor de donde está el fichero kinhom2.txt necesario para la ejecución del proceso; Otro argumento es la ruta de donde está la carpeta temporal con los ficheros de texto generados en el proceso anterior; Finalmente, la última son los números de los modelos que hay que ejecutar en R. Por lo tanto el número de argumentos puede ser variable.

En el quinto paso, una vez terminado el proceso de R, realizaremos la lectura de los ficheros de texto generados para cada método y generaremos el KML. Además también se genera la cadena con las rutas de las gráficas.

Finalmente, se devuelve el flujo al WPS indicándole las salidas para que éste las muestre.

## 5. Experimentación

Para poder realizar la experimentación, se ha tomado la información geográfica necesaria, para cada una de las entradas al WPS. Para las pruebas se ha tomado la información únicamente de la provincia de Castellón, ya que se adapta a los requisitos y su tratamiento tiene un coste computacional y temporal medio.

La primera entrada es el contorno de la provincia de Castellón. Esta información se ha guardado en *shapefile* con cada uno de los puntos que forman la provincia.

La segunda entrada son los centroides de los incendios producidos en los últimos cinco años en la provincia de Castellón. Esta información también son puntos que tienen asociada toda la información del incendio, guardándose también en un *shapefile*.

Las siguientes entradas son las covariables, que irán separadas con diferentes *shapefile*. Cada *shapefile* forma una malla con puntos formando una cuadrícula y cada punto tendrá asociado un valor dependiendo de la covariable. Son cuatro las covariables que se permiten: elevación, pendiente, orientación y uso del suelo. Cabe destacar que cada punto de la malla estará a una distancia de 200 metros.

El último parámetro de entrada son el número de los algoritmos a ejecutar. En este caso ejecutaremos todos los algoritmos para ver su resultado.

EL WPS genera dos salidas, una el KML con la predicción de riesgo y las gráficas para cada modelo. El KML generado tiene para cada punto asociado un extendedData con los valores para cada uno de los modelos en que se ha ejecutado el proceso (Figura 3).

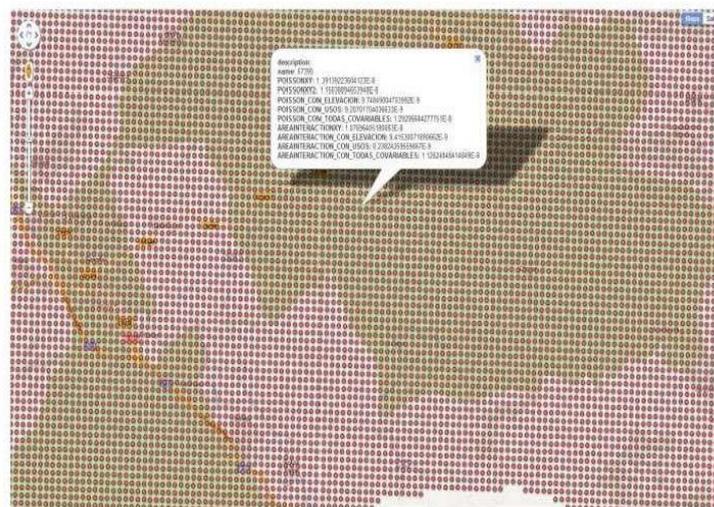


Figura 3. Representación visual del contenido de un punto del KML.

A continuación mostraremos un ejemplo de los mapas de predicción de riesgo obtenidos para un modelo ejecutado. Para la generación de estos mapas, los resultados de predicción se han dividido en 20 clases utilizando como modo de división por cuantiles, ya que se obtiene un resultado más representativo. En este caso hemos elegido el modelo Area Interaction con todas las covariables (Figura 4).

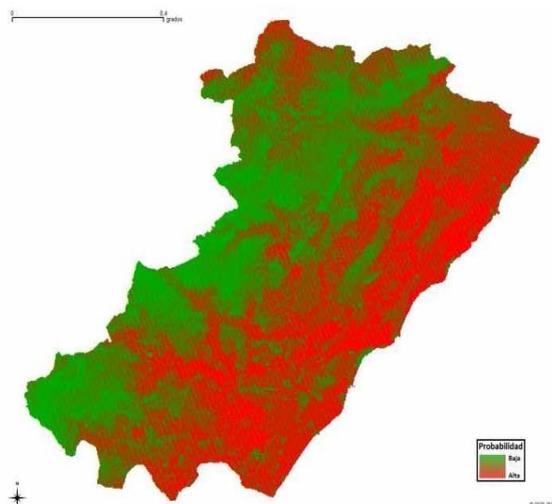


Figura 4. Mapa de predicción de riesgo del método Area Interaction con todas las covariables.

A continuación, mediante la tabla (Tabla 2) desglosaremos los resultados para cada uno de los modelos de R que hemos habilitado para este trabajo.

Núm.	Modelo	Tiempo
1	Poisson con polinomio X Y	42 s
2	Poisson con polinomio X Y 2	42 s
3	Poisson con la covariable elevación	1 m 31 s
4	Poisson con la covariable usos	1 m 29 s
5	Poisson con todas las covariables	1 m 31 s
6	Area Interaction con polinomio X Y	4h 51 m 55 s
7	Area Interaction con elevación	2h 13 m 30 s
8	Area Interaction con usos	2h 20 m 15 s
9	Area Interaction con todas las covariables	2h 20 m 38 s

Tabla 2. Tiempos para cada modelo definido.

## 6. Conclusiones

Se ha realizado un servicio de procesamiento que mejora la interoperabilidad implementando el interfaz estándar OGC WPS que pone al alcance de todo el mundo unos modelos de predicción de riesgo de incendios y lo hace mediante Web. Estos modelos, son modelos realmente costosos y de muchos cálculos. Esto hace que no obtengamos resultados en cuestión de minutos sino de horas. Pero esto no es culpa del WPS implementado, sino todo lo contrario, la parte de preparación y recolección de datos del proceso R, lo hace realmente rápido, en medida de lo posible, ya que no hay que olvidar que con los datos que se trabaja de entrada son realmente grandes. También hay que mencionar que estos cálculos también dependen del equipo en que se ejecuten.

Por otra parte, se ha decidido probar el sistema con los datos de la provincia de Castellón, por el motivo de que la provincia de Castellón tiene un tamaño adecuado para las prestaciones del equipo de prueba.

Esta aproximación para la integración de modelos científicos en geoprocesamiento distribuido, facilita su despliegue en infraestructuras de datos espaciales ayudando a que podamos compartir dichos modelos y facilitar el uso a gente interesada.

**Agradecimientos.** A la Fundación Bancaja y la Universitat Jaume I por la financiación de este proyecto.

## Notas

1. The R Project for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>
2. <http://52north.org/maven/project-sites/wps/52n-wps-webapp/>
3. <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>
4. <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>

## Referencias

- [1] Serra, L., Juan, P., Varga, D., Mateu, J., Saez, M.: Spatio-temporal pattern modelling of wildfires in Spain.
- [2] De La Cita, F.J., Lerner, M., Robla, E., Vallejo, R.: El mapa forestal de España a escala 1:50.000 (1998-2007): Resumen y resultados de un proyecto. 5º Congreso Forestal Nacional, 2009.
- [3] Rothermel, R. C.: How to predict the spread and intensity of forest and range fires. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, pages 1-5, 1983.
- [4] Bianchini, G.: Sistema de ayuda a la decisión para la gestión de incendios forestales. Memoria del trabajo experimental dentro del programa de Doctorado en Informática (Arquitectura de Computadores y Procesamiento Paralelo), 2004.
- [5] Bianchini, G.: Wildland fire prediction based on statistical analysis of multiple solutions. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, 2006.
- [6] Van Wagner, C.E.: Conditions for the start and spread of crown fire. Canadian Journal of Forest Research, pages 23-24, 1977.
- [7] Finney, M.A.: Modeling the spread and behavior of prescribed natural fires. 12th Conf. Fire and Forest Meteorology, page 138U143, 1994.
- [8] Moreira, F.C., Rego, F., Ferreira, P.G.: Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. Landscape Ecology, pages 557-567, 2001.
- [9] Pollet, J., Omi, P.N.: Effect of thinning and prescribed burning on crown fire severity in ponderosa pine forests. International Journal of Wildland Fire, page 1-10, 2002.
- [10] González, J.R., and Pukkala, T.: Characterization of forest fires in Catalonia (northeast Spain). European Journal of Forest Research, pages 421-429, 2007.
- [11] Vázquez, A., Moreno, J.M.: Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (central Spain). Forest Ecology and Management, pages 55-65, 2001.
- [12] Teensma, P.D.A.: Fire history and fire regimes of the central western Cascades of Oregon. Ph.D. Dissertation. University of Oregon, 1987.
- [13] Calvo, E., Pons, X., Lloret, F., Díaz-Delgado, R.: Wildfires and landscape patterns in the eastern Iberian peninsula. Landscape Ecology, pages 745-759, 2002.
- [14] Andrews, P.L.: Behave: Fire behavior prediction and fuel modeling system-burn subsystem. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, page 130, 1986.
- [15] Van Wagner, C.E.: Development and structure of the Canadian forest fire weather index system. Canadian Forest Service, pages 209-223, 2003.
- [16] John, W., Prather, J.W., Yaguang, X., Haydee, M., Hampton, H.M., Aumack, E.N., Dickson, B.G., Sisk, T.D.: Mapping the probability of large fire occurrence in northern Arizona, USA. Landscape Ecology, page 747U761, 2006.
- [17] Kitzberger, T., Mermoz, M., Veblen, T.T.: Landscape influences on occurrence and spread of wildfires in Patagonian forests and shrublands. Landscape Ecology, pages 2705-2715, 2005.
- [18] Dasgupta, J.M.C., Alldredge, N., Nunes, R.J., Vasconcelos, M.C.S., Pereira, M.J., Rego, F.C.: Land cover type and fire in Portugal: do fires burn land cover selectively? Landscape Ecology, pages 661-673, 2005.
- [19] Chas, M.: Forest fires in Galicia (Spain): Threats and challenges for the future. Journal of Forest Economics, page 1U5, 2007.
- [20] Marey, M.F., Rodríguez, V., Crecente, R.: Using GIS to measure changes in the temporal and spatial dynamics of forestland: experiences from north-west Spain. Forestry Vol. 79, pages 409-423, 2006.
- [21] Schudt, P.: OpenGIS Web Processing Service Version 1.0.0, OpenGeospatial Consortium. <http://www.opengeospatial.org/standards/wps> (accessed 4 Sep. 2008)
- [22] Díaz L., Granell C., Gould M., Pascual V., Guimet J.: Resultados del proyecto AWARE: Reutilización de procesos científicos en una IDE. In Actas de las V Jornadas Técnicas de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (JIDEE 2008). Costa Adeje, Tenerife, Nov 2008.
- [23] Granell C., Díaz L., Gould M.: Service-oriented applications for environmental models: Reusable geospatial services. Environmental Modelling and Software, 25(2): 182-198, 2010. ISSN: 1364-8152.