

Sistema de Predicción de Incendios Forestales para la Provincia de Córdoba

Marina Cardenas, Julio Castillo, Ricardo Medel, Osvaldo Casco,
Martín Navarro, Sofía Gutierrez, Adrián Curti
Laboratorio de Investigación de Software LIS
Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información-UTN-FRC
{ing.marinacardenas, jotacastillo, ricardo.h.medel, casqui.159,
mnavarromugas, sofia.gut05, adriancx84}@gmail.com

Abstract

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de pronósticos de incendios forestales en la Provincia de Córdoba, especialmente diseñado para predecir incendios en las sierras de Córdoba y la región del parque Chaqueño de la provincia.

El sistema está compuesto de múltiples subsistemas que permiten: recolectar diariamente información meteorológica e información sobre siniestros, informar de un siniestro vía chat o a través del uso de Twitter, y construir un modelo computacional de predicción de incendios forestales.

El sistema desarrollado pretende capturar la presencia de patrones de comportamiento de los factores que influyen en la producción de incendios forestales, ya sean humanos o de índole climática, tales como humedad, presión, temperatura y cantidad de lluvia caída en una zona determinada, asociados a incendios forestales.

Este artículo detalla los diferentes módulos involucrados en el sistema, sus motivaciones, problemas que abordan, y la tecnología de desarrollo utilizada en los mismos.

1. Introducción

En este artículo se presenta un sistema de información para la predicción de ocurrencia de incendios forestales para la Provincia de Córdoba basado en técnicas de aprendizaje supervisado que utiliza datos de componentes del índice FWI, datos espaciales, datos temporales, datos meteorológicos, para realizar predicciones acerca de la ocurrencia de siniestros.

Las condiciones meteorológicas como la temperatura y el viento influyen en los incendios forestales, tal es así que desde los años 70 se conoce el Índice Canadiense de Incendios Forestales (Canadian Forest Fire Weather Index - FWI) [1], el cual se compone de 7 índices

basados en 4 observaciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, lluvia y viento). Este índice es empleado en Argentina, y en muchos países alrededor del mundo, y es de fácil recolección por cualquier estación meteorológica.

Una de las motivaciones respecto de la construcción de este sistema, puede encontrarse de manera resumida en el informe preliminar de valoración sobre el impacto del incendio en Sierras Chicas ocurrido en septiembre de 2006. En ese siniestro, los focos de fuego afectaron aproximadamente a 18.640 hectáreas distribuidas en el cordón montañoso de Sierras Chicas de Provincia de Córdoba, principalmente de la región natural de Sierras de Sur, ubicadas en los departamentos de Colón, Punilla y Santa María. Este incendio fue uno de los de mayor magnitud registrada en la Provincia de Córdoba. La vegetación más afectada fue la arbustal-pastizal, alcanzando 11.080 hectáreas, que representa el 67% del total de la flora que fue afectada. En segundo lugar, la superficie del bosque quemada alcanzó un total de 2.480 hectáreas. Cabe destacar que la recuperación del estrato arbóreo podría demorar aproximadamente 60 años.

Por otra parte, las pérdidas económicas derivadas del incendio forestal, se reflejan en las pérdidas económicas del bosque, el costo de la extinción del incendio y costo parcial de las pérdidas de infraestructura, y las viviendas de las personas residentes en el área del siniestro.

Por esta razón, un sistema de prevención del fuego que informe con alertas tempranas podría ayudar a solventar muchas de estas pérdidas, alertando a la población y a las autoridades, para que prepare y dirija sus recursos en la posible zona de siniestro, y así evitar al mínimo pérdidas económicas, ecológicas y principalmente la pérdida de vidas humanas.

El sistema desarrollado cuenta con varios subsistemas [2-5] cada uno de los cuales se encarga de una tarea específica y que fueron desarrollados en paralelo, siempre que fue posible. En la Figura 1 se puede observar la pantalla de inicio al sistema web desarrollado que

permite la administración, seguimiento de mediciones, visualización de siniestros, reportes estadísticos, posibilidad de comunicación a través de chat, y otras operaciones propias de la gestión de incendios forestales.

Los subsistemas desarrollados son: Subsistema de Recopilación de Información Meteorológica que se presenta en la Sección 2, Subsistema de Entrenamiento y Predicción que se presenta en la Sección 3, un Subsistema de Chat que se expone en la Sección 4, y finalmente, un Subsistema de integración de Twitter se muestra en la Sección 5.



Figura 1. Interfaz principal del Sistema de Pronósticos de Incendios.

2. Subsistema de Recopilación de Información Meteorológica

Este subsistema tiene por objetivo llevar un registro de las mediciones diarias de temperatura efectuada por los bomberos, o por las estaciones meteorológicas.

A su vez, forman parte de este subsistema, todos los registros históricos de mediciones de condiciones climatológicas.

También forman parte de este módulo todos los siniestros registrados. La información histórica acerca de incendios previos es esencial para el correcto funcionamiento de todo el sistema, y es por ello que la exactitud de la información disponible condiciona de manera directa los resultados producidos por el sistema.

La Figura 2 se muestra la información solicitada respecto a las mediciones diarias, las cuales incluyen: fecha de la medición, coordenadas, temperatura registrada, porcentaje de humedad, y una descripción, entre otras.

Figura 2. Interfaz de Recolección de Información Meteorológica

Es interesante remarcar que aun en muchos lugares no se lleva a cabo un de registro de incendios y ésta es una de las razones que motivaron el desarrollo de este subsistema.

Con respecto a los siniestros, la información solicitada es: fecha del siniestro, coordenadas de ocurrencia del siniestro, temperatura, humedad, presión, velocidad del viento y cantidad de hectáreas afectadas.

La información recolectada por este subsistema, servirán como material de entrenamiento para el subsistema de entrenamiento y predicción, ya que la efectividad en la predicción va a estar determinada por la cantidad y calidad de la información meteorológica disponible o recolectada.

El objetivo es que el sistema esté disponible para todas las estaciones meteorológicas y para todos los cuarteles de bomberos de la Provincia de Córdoba.

3. Subsistema de Entrenamiento y Predicción

Este subsistema se basa en los registros históricos de información meteorológica y de siniestros (incendios forestales) de las áreas afectadas, que incluyen la región noreste de la provincia de Córdoba. Es el módulo principal del sistema, puesto que se encarga de realizar las predicciones de ocurrencia de siniestros.

Las mediciones recolectadas e históricas se utilizan para crear un modelo matemático/computacional basado en aprendizaje por computadora, que sea capaz de predecir la ocurrencia o no de un incendio y la cantidad de hectáreas involucradas.

El sistema utiliza dos aproximaciones basadas en técnicas de aprendizaje supervisado: las Redes Neuronales Artificiales y las Máquinas de Soporte Vectorial. Ambas aproximaciones utilizan los mismos datos de entrada para la etapa de entrenamiento, y mediante un proceso de análisis y selección de

características, se escogen aquellas que brindan mejores predicciones según la orientación del enfoque utilizado.

Este subsistema es una aplicación de escritorio que permite entrenar un modelo con datos de información meteorológica y su interfaz se presenta en la Figura 3.

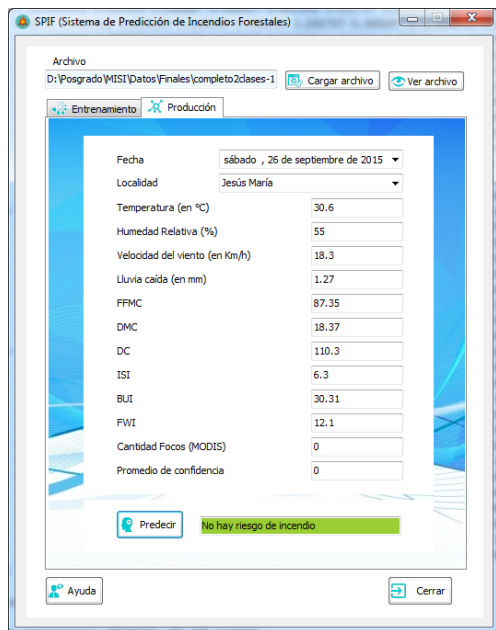


Figura 3. Interfaz de entrenamiento y producción del modelo.

Durante la etapa de entrenamiento se realiza la afinación del modelo, y se seleccionan los parámetros óptimos que permiten incrementar la tasa de predicción.

Por otro lado, la etapa de entrenamiento del sistema se basa principalmente en información de los componentes del índice FWI (Canadian Forest Fire Weather Index – FWI) [1].

El FWI fue diseñado en la década del 70, como un índice numérico usado para fines preventivos [6], y se ha utilizado para alertar a la población sobre riesgos de incendios. Este índice requiere simplemente de unos sencillos cálculos manuales y cuatro tipos de observaciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, lluvia y viento), datos que son comúnmente recolectados en muchas estaciones en todo el mundo [7]. Entre los países donde se ha aplicado se puede mencionar Canadá [8], Nueva Zelanda [9] y Argentina [10].

Adicionalmente, se están realizando pruebas con información satelital provenientes de los sensores MODIS de los satélites Terra y Aqua.

Este sistema expone una interfaz web de predicción que es utilizada por la aplicación principal para predecir la ocurrencia de siniestros.

Los resultados preliminares arrojan una efectividad del 61.6% con una SVM, al predecir la ocurrencia o no de un incendio.

Este subsistema aun se encuentra en etapa de experimentación y afinamiento de los modelos, principalmente poniendo a prueba diferentes algoritmos de aprendizaje y los parámetros del modelo.

4. Subsistema de Chat

El subsistema de Chat de Bomberos es una aplicación de comunicación, tipo chat, destinada principalmente a la notificación a un destacamento de bomberos del avistaje de algún incendio. El objetivo de este módulo es facilitar las notificaciones por parte de testigos presenciales mediante el uso de nuevas tecnologías, particularmente a través de dispositivos móviles.

La principal característica de la aplicación es que la conexión con el cuartel de bomberos más cercano es establecida de manera automática, y para ello utiliza información de geo-posicionamiento (del usuario y de los cuarteles o destacamentos).

Ésta es la funcionalidad que lo diferencia de otras aplicaciones de chat existentes, puesto que permite que el cliente entable la comunicación sin tener que especificar el cuartel destinatario.

El Chat se basa en una arquitectura cliente-servidor. A su vez, hay dos tipos de clientes, una destinada a testigos presenciales y otra destinada a cuarteles de bomberos.

Para el diseño e implementación del Cliente Testigo se estableció como requerimiento que el establecimiento de la conexión debería realizarse con la mayor celeridad posible. Esto es debido a que probablemente el testigo presencial solo cuente con algunos segundos para realizar la notificación, porque puede estar en riesgo su vida, o bien porque es un testigo casual que esta transitando por una zona siniestros.

Por otra parte, respecto al Cliente Cuartel se estableció como requerimiento que la comunicación debía ser enfocada a solo un cliente testigo por vez, para focalizar la atención del operador.

Para el desarrollo de la aplicación del servidor se utilizó ASP.NET y C#, y la interfaz del modulo se desarrollo exponiendo servicios web la comunicación con los clientes testigos.

La aplicación de cliente de chat se desarrollo utilizando las tecnologías Phonegap [11] y Apache Córdoba [12], que constituyen un marco de trabajo (framework) para desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles multiplataforma. Su principal característica es que permite la codificación de la aplicación en HTML, CSS y Javascript, para luego ser convertida en una aplicación móvil.

En la Figura 4 se muestra la interfaz principal de la aplicación de chat, y la Figura 5 muestra un diálogo

hipotético entre un cuartel de bomberos y un usuario denunciante de un siniestro.



Figura 4. Interfaz principal de la aplicación de chat.



Figura 5. Diálogo entre un usuario y un cuartel de bomberos.

La aplicación se encuentra finalizada y probada, y se encuentra en etapa de integración con los restantes módulos del sistema de predicción de incendios.

5. Subsistema de Twitter

Twitter es una de las redes sociales más ampliamente conocidas y utilizadas en la actualidad. Muchas

organizaciones y personalidades cuentan con una cuenta de Twitter para informar de novedades o noticias pequeñas y cortas (tweets).

Por ello, se ha creado una cuenta de Twitter del Programa del Plan de Manejo contra Incendios, con el objetivo de que los usuarios que sigan a esta cuenta se mantengan actualizados respecto de las notificaciones de incendios impartidas por algunos de los cuarteles de bomberos autorizados.

Al mismo tiempo, este módulo permite que los usuarios informen vía Twitter respecto de algún siniestro que estén presenciando (similar al programa de chat, pero facilitando otra vía de comunicación), el cual se visualizará como una ventana emergente en las computadoras de los cuarteles de bomberos que tengan abierta el sitio del sistema de pronósticos de incendios.

Con el objetivo de disminuir los falsos positivos, se han desarrollado algoritmos de análisis de textos que filtren los tweets que no hagan referencia a la ocurrencia de incendios, de esta manera, se pretende que solo los tweets referidos a incendios puedan ser visualizados por los bomberos.

Este módulo está terminado y actualmente se está integrando como parte del sistema de predicción.

6. Conclusiones

En este artículo se presentan los cuatro subsistemas que componen el sistema desarrollado para la predicción de incendios forestales en la Provincia de Córdoba.

El sistema está en su fase final de desarrollo, y actualmente se están realizando las pruebas de integración, configuración e instalación en servidores. Se pretende que el sistema pueda ser utilizado por los bomberos de la provincia de Córdoba.

Los resultados preliminares arrojan una efectividad del 61.6% al predecir la ocurrencia de incendios.

Como trabajo futuro se evidencia la necesidad de reemplazar la interfaces del sistema por otras más amigables al usuario, y que mejor se adapten a la consulta desde dispositivos móviles.

7. References

[1] Lawson B., Armitage O. "Weather Guide for the Canadian forest fire danger rating system". Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre. Edmonton, Canadá. 2008.

[2] Vázquez J., Castillo J., Cardenas M., Gordillo R., Villena Ruiz S. "Predicción de Incendios Forestales en la Provincia de Córdoba". XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. WICC 2012. Posadas, Misiones. 2012.

[3] Cardenas M., Vázquez J., Castillo J., Villena Ruiz S. "Sistema de Predicción de Incendios Forestales basado en el índice FWI para la Provincia de Córdoba". XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Paraná, Entre Ríos. 2013.

[4] Cardenas M. E., Medel R., Castillo J., Vázquez J., Casco O. "Modelos de aprendizaje supervisados: aplicaciones para la predicción de incendios forestales en la provincia de Córdoba". XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Salta, Argentina. 2015.

[5] Castillo J., Cardenas M., Gordillo R., Vázquez J. "Un Modelo de Pronósticos para Predicción de Incendios en la Provincia de Córdoba". WICC 2011, Rosario, Argentina.

[6] Taylor S., Alexander M. "Science, technology, and human factors in fire danger rating: the Canadian experience". *International Journal of Wildland Fire*, 15:121–135. 2006.

[7] Amiro B., Logan K., Wotton B., Flannigan M., Todd J., Stocks B., Mattell D. "Fire weather index system components of large fires in the Canadian boreal forest". *Int. J. Wildland Fire*, 13: 391–400. 2004.

[8] Turner J., Lawson B. "Weather in the Canadian Forest Fire Danger rating System; a user guide to national standards and practices". Environment Canada. Canadian Forest Service. Pacific Forest Research Center. Victoria, BC. Info. Rep. BC-X-177. 1978.

[9] Fogarty L., Pearce H., Catchpole W., Alexander M. "Adoption vs. Adaptation: Lessons from applying the Canadian Forest Fire Danger Rating System in New Zealand". III International Conference on Forest Fire Research. 14 th Conference on Fire and Forest Meteorology. Vol I; 1011-1028. 1998.

[10] Taylor, S. (2001) Consideraciones para la aplicación del Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendios Forestales (CFFDRS) en Argentina. Servicio Forestal Canadiense. Centro Forestal del Pacífico, Recursos Naturales Canadá. 38.

[11] Kovalenko A. *PhoneGap by Example*. Packt Publishing, 2015.

[12] <https://cordova.apache.org>. Consultado en: Agosto de 2016.